



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11069431 A**(43) Date of publication of application: **09 . 03 . 99**

(51) Int. Cl

H04Q 7/36**H04Q 7/38****H04J 3/00****H04J 3/16**(21) Application number: **09230716**(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**(22) Date of filing: **27 . 08 . 97**(72) Inventor: **TAKE KEIJIRO
ITO SHUJI****(54) TDMA VARIABLE SLOT ALLOCATION METHOD****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly cope with fluctuation traffic from a mobile equipment by securing a fixed slot, securing a variable slot when a free slot is present in the variable slot, reporting a secured result to the mobile equipment and processing the data of both fixed and variable slots from the corresponding mobile equipment.

SOLUTION: The mobile equipment requests calling to a base station by using an incoming control channel, adds quality information requested by the mobile equipment to

a calling request message and transmits it. The base station receives it, and when a calculated minimum required slot number (Ns) can be allocated from a free portion within one frame, allocates it to the mobile equipment as a fixed allocation slot. Also, from the maximum transmission speed of the quality information inside the calling message, a maximum slot number (Nr) used in one frame by the mobile equipment is calculated. In the case that the maximum slot number can be allocated by the free slots of the variable slots, (Nr-Ns) pieces of the slots are allocated to the mobile equipment as allocation changeable slots.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(51) Int. Cl.⁸
 H 0 4 Q 7/36
 7/38
 H 0 4 J 3/00
 3/16

識別記号

F I

H 0 4 B 7/26 1 0 5 D
 H 0 4 J 3/00 H
 3/16 Z
 H 0 4 B 7/26 1 0 9 N

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平9-230716

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月27日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 武 啓二郎

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 伊藤 修治

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

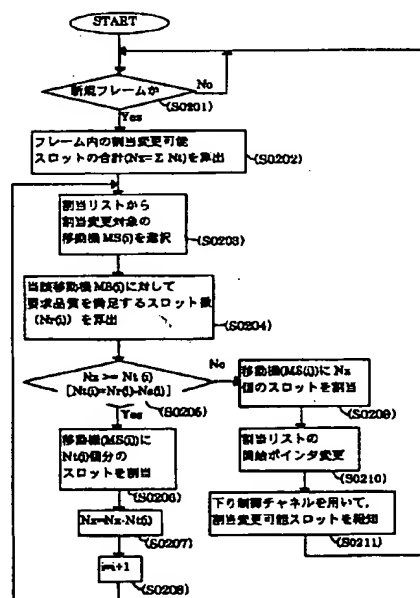
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 TDMA可変スロット割当方法

(57) 【要約】

【課題】 移動機からの変動トラフィックに対応し、かつ遅延が少なく対応が速く、回線利用効率がよく、制御チャネルのトラフィックを抑えた可変スロット割当方法を得る。

【解決手段】 基地局と複数の移動機間のシステムにおいて、品質情報を付加して発呼要求を行う移動機と固定・可変スロット確保手段を備え、移動機からの品質情報から最低伝送速度を満足させる第1のスロット数を算出する固定スロット数算出ステップと、品質情報を満足する割当可能な第2のスロット数を算出する可変スロット数算出ステップと、算出されたスロット数を確保する固定スロット確保ステップと、空きスロットがあれば算出されたスロット数に対応するスロットを確保する可変スロット確保ステップとを備えた基地局とで構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基地局と複数の移動機間で時分割TDM Aチャネルによりデータ伝送するシステムにおいて、移動機は、基地局へデータ伝送の速度と品質を表す品質情報を付加して発呼要求を行う発呼送信手段を備え、基地局は、1フレーム中に所定の固定割当スロットと可変割当スロットとを確保する固定・可変スロット確保手段を備え、移動機からの発呼要求中の上記品質情報から最低伝送速度を満足させる第1のスロット数を算出する固定スロット数算出ステップと、上記移動機からの上記品質情報を満足する割当可能な第2のスロット数を算出する可変スロット数算出ステップと、上記固定スロット数算出ステップで算出したスロット数を先ず固定割当スロットに確保する固定スロット確保ステップと、空きスロットがあれば上記可変スロット数算出ステップで算出したスロット数に対応する可変スロットを確保する可変スロット確保ステップとを備えて、上記移動機に確保結果を通知し、対応する移動機からの上記固定・可変の両スロットのデータを処理するようにしたことを特徴とするTDMA可変スロット割当方法。

【請求項2】 基地局は、移動機からの切断要求があると、対応する固定割当スロットを解放して空きスロットにするステップと、残存移動機の品質情報で要求される可変スロット数の和が現用の可変スロット数より多い場合は、上記切断要求があった移動機の可変スロットを再割当するステップとを付加したことを特徴とする請求項1記載のTDMA可変スロット割当方法。

【請求項3】 基地局は、発呼要求があった移動機に必要な品質情報と対応して記憶する割当リストを備えて、各フレームでの可変スロットを確保する可変スロット確保ステップにおいて、上記割当リストを参照して対応する移動機の可変スロットを決めるようにしたことを特徴とする請求項1記載のTDMA可変スロット割当方法。

【請求項4】 基地局は、可変スロット数算出ステップに代えて、最低伝送速度を満足させる第1のスロット数と品質情報を満足する第2のスロット数との中間品質対応の第3のスロット数を算出する中間可変スロット数算出ステップを備え、可変スロット確保ステップは、可変スロットに空きスロットがあれば上記中間可変スロット数算出ステップで算出した第3のスロット数に対応する可変スロットを確保するようにしたことを特徴とする請求項1記載のTDMA可変スロット割当方法。

【請求項5】 移動機は、自身の送信データ量が所定の値を超えると、基地局に対してスロット追加要求を送信するようにし、基地局は、上記移動機からのスロット追加要求を受信す

ると、該情報を基に可変スロット数算出ステップで再計算して可変スロットを確保し直すようにしたことを特徴とする請求項1記載のTDMA可変スロット割当方法。

【請求項6】 移動機は、スロット追加要求に際して現使用可変スロット数の情報を送信し、基地局は、対応する移動機からの上記現使用可変スロット数情報を基に可変スロット数算出ステップで再計算して可変スロットを確保し直すようにしたことを特徴とする請求項5記載のTDMA可変スロット割当方法。

10 【請求項7】 移動機は、現在の必要送信データ量を送信する手段を備え、基地局は、上記各移動機からの現在の必要送信データ量を監視して第1の閾値を超えると、可変スロット数確保ステップでは閾値を超えた上記移動機に対する可変スロット数を増加させ、第2の閾値を下回ると、上記移動機に対する可変スロット数を減少させるようにしたことを特徴とする請求項1記載のTDMA可変スロット割当方法。

20 【請求項8】 基地局は、移動機に対する可変スロット数を減少させる場合は、上記移動機からの解放確認信号を受信するまでは上記可変スロット数を確保しておくようにしたことを特徴とする請求項7記載のTDMA可変スロット割当方法。

【請求項9】 移動機は、送信データがない場合は可変スロットでの送信を停止するようにし、基地局は、移動機からの送信データが乗るスロットの同期を検出する手段を備え、上記同期が所定の連続回数以上外れることを検出するステップを備えて、上記連続同期外れを検出すると対応する移動機に対する可変スロットを解放するようにしたことを特徴とする請求項1記載のTDMA可変スロット割当方法。

30 【請求項10】 基地局は、所定の時間内における特定移動機に対する可変スロット数割当数の増加と減少指示回数を計測するステップを設けて、増加と減少指示回数が設定値以上になると、上記移動機の必要送信データ量を監視する第1と第2の閾値を変更するようにしたことを特徴とする請求項7記載のTDMA可変スロット割当方法。

【請求項11】 基地局は、移動機からの送信データを受信してスロット対応に誤りを検出する手段を備え、所定の数以上の上記誤りを検出すると、可変スロット確保ステップで対応移動機に確保する可変スロット数を増加するようにしたことを特徴とする請求項1または請求項7記載のTDMA可変スロット割当方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、TDMA (Time Division Multiple Access) 方式を用いてATMセルを伝送する無線通信システムにおいて、各基地局での移動機に対するTDMAスロ

ットの可変割当方法に関する。

【0002】

【従来の技術】TDMA方式を用いた無線通信システムにおける、各移動機に対するTDMAスロットの割り当て方法には、固定割当方式と可変割当方式がある。従来のTDMA方式を用いたデジタル携帯電話／自動車電話システムやPHS (Personal Handyp hone System) に代表されるデジタルコードレス電話では、各移動機に対して一定数の特定のTDMAスロットを固定的に割り当てる上述の固定割当方法がとられている。一方で、次世代の携帯電話／自動車電話システムにおいては、B-ISDNに代表される広帯域通信ネットワークとの整合性から、ATMセルやパケットを伝送する必要が生じており、その結果、動的に変化するトラフィックを伝送するために、割当スロットの伝送品質だけではなく、移動機毎の変化するトラフィックに対応させて、移動機に対する上述の割当スロットを動的に変更する可変スロット割当が必要となる。

【0003】従来の可変スロット割当方法では、コネクション型の呼に対しては、1TDMAフレーム内の特定スロットを各TDMAフレーム内に移動機からの要求に基づいて固定的／もしくは特定フレーム数毎に割り当て、コネクションレス型の呼に対しては、1TDMAフレーム毎にコネクション型の呼に割り当てたスロット以降のスロットを割り当てる方式がある。可変スロット割当方法は、例えば、特開平9-18435に示されている。以下に、従来の方法について、図19、20を参照しながら説明する。

【0004】図19は第1の従来例におけるTDMAフレーム構成を示す図である。1フレームは固定長であり、複数のスロット(X個のスロット)から構成されている。フレームの前半は基地局から移動機に対する下り回線(Down Link)であり、後半は移動機から基地局に対する上り回線(Uplink)である。上述の下り回線の前半は基地局から各移動機に対する制御情報を伝送するために用いられる下り制御スロット群であり、Sc個のスロットで構成される。下り回線の後半は基地局から移動機に対するATMセル伝送要の下りデータスロット群であり、Su個のスロットで構成される。また、上述のフレームの後半は移動機から基地局に対する上り回線であり、当該上り回線の先頭は、移動機から基地局に対する制御データを伝送するために用いられるランダムアクセス用スロット群であり、Tr個の固定長のスロットで構成される。またランダムアクセス用スロット群に続くスロット群は、アベラブルビットレート(ABR)用であり、Ta個のスロットにより構成される。ABR用スロット群に続くスロット群が、バリアブルビットレート(VBR)用であり、Tv個のスロットにより構成される。上述のフレームの最後には固定レート(CBR)用のスロット群があり、Tc個のス

ットにより構成される。フレーム内の全スロットXは一定であり、Sc、Su、Tr、Ta、Tv、Tcの合計は常にXとなるが、各スロット群の数Sc、Su、Tr、Ta、Tv、Tcは、トラフィックに応じて各フレームで基地局の制御部により変更される。さらに、複数のフレームから構成されるスーパーフレームも形成される。図19では4TDMAフレームにて1スーパーフレームを形成した状態を示している。

【0005】図20は、この第1の従来例における可変スロット割当処理フロー図である。図20を用いてスロット割当動作を説明する。上述の基地局制御部スロット割当部では、ScとSuの値は基地局内の送信データから算出し、Tcは移動機からの呼受け付け時に固定的に割り出し、Trは固定値で設定される。また、Tvの値は呼受け付け時のUPC(User Parameter Control)値を用いて1フレームではなくてスーパーフレーム内で一定レート、理想的にはピークレートが割り当てられる。但し、各フレームにおいては、各VBR呼毎に固定的にスロットが割り当てられるのではなく、最初に各VBR呼間でスロットの割り当てが融通され、以降のスーパーフレームでは固定される。図19において、移動機Aと移動機BはそれぞれのTDMAフレームにおいてはお互いにスロット割当が融通されている状態、ならびにスーパーフレーム単位ではスロットが固定されている状態を示している。すなわち、スーパーフレーム内の各TDMAフレーム単位で見ると移動機Aと移動機Bは互いに同一スロットが割り当てられないように、UPCで値で規定された品質を保証するように各TDMAフレームにおいてスロットが可変に割当てられている。一方、スーパーフレーム単位に移動機A、移動機Bに対するスロット割当位置は固定であり、スーパーフレーム単位で繰り返し同一スロットが割り当てられる。最後に、TaはXからSc、Su、Tr、Tv、Tcの合計を引いた値が設定される。以上の通りフレーム単位に設定されたSc、Su、Tr、Ta、Tv、Tcに対応したスロット位置を、各フレームないし数フレームに一度更新して各移動機に報知することにより、可変スロット割り当てを実現している。なお、上述のABR呼については、各フレームの上り制御チャネルで要求した移動機にフレーム単位でTa個のスロットが割り当てられる。

【0006】また、従来の可変スロット割当では、無線区間の誤りを考慮した方法も考慮されており、例えば、1996年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会B-311「ワイヤレスATMに適した集中制御型動的帯域割り当て方式の検討」に示されている。以下に、第2の従来の方法について、図21を参照しながら説明する。

【0007】図21はTDMA方式を用いた無線ATM通信システムにおける、第2の従来例での可変スロット割当方式によるスロット解放に関するシーケンス図であ

る。このシーケンスを用いた無線ATM通信システムは、基地局と1つ以上の移動機との間でTDMA方式を用いた無線アクセス方式によりATMセルを送送可能なシステムであり、基地局と移動機との間には、移動機毎に個別の制御回線、すなわち上り制御スロット及び下り制御スロットが設けられており、各移動機に対して基地局は移動機からの要求に応じて1 TDMAフレーム内で複数のデータ伝送用スロットを割り当てる。各移動機においては送信キュー長を基地局に送信し、基地局は前記移動機からの送信キュー長から移動機に対して割り当てたスロット以上のデータが移動機からの送信キューにあると判断した場合には、制御回線を用いて新たなスロットの割当を基地局に要求し、基地局はその要求に応じたスロットを、他の移動機に未割当のスロットから選択し、要求元移動機に制御回線で前記スロットの割当結果を通知する。一方、移動機からのデータ送信がNフレーム連続でない場合には、送信データがなかった移動機及び基地局は自立的にデータ送信がなされなかったスロットを解放する方法が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の可変スロット割当方式では、スーパーフレーム周期内の定められたスロット位置でデータの送信を行なう為、トラフィック変動に即座に対応できず伝送遅延が増加するという課題がある。また、送出スロット位置が完全に固定されているか、もしくは動的に変更する場合には制御チャネルで随時(N(≥1)フレーム毎)実施する為、制御チャネルに誤りが発生した場合にはスロット割り当てが変更できず回線利用効率が悪化するという課題もある。更に、動的にスロットを割り当てる場合にスロット位置の指定、すなわちスロット番号を変更時に通知する為、制御チャネルのトラフィックが増大するという課題もある。また逆に、制御チャネルが誤りの有無に関わらずk回連続で割り当て要求が無い場合には解放する為、制御情報が誤った場合には移動機は送信データがあってもスロットを解放してしまうという課題もある。また、更に、ARQ等の再送制御が用いられている場合には、基地局における受信データに誤りがあれば必ず再送が起こり送信バッファのキュー長が伸びる。しかし、実際の割り当てスロットの増加要求までにはタイムラグがあるため、伝送遅延が発生するという課題もあった。

【0009】本発明は、上記の課題を解消するためになされたもので、移動機からの変動トラフィックに対応し、かつ遅延が少なく対応が速く、回線利用効率がよく、制御チャネルのトラフィックを抑えた可変スロット割当方法を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明に係るTDMA可変スロット割当方法は、基地局と複数の移動機間で時分割TDMAチャネルによりデータ伝送するシステムに

において、移動機は、基地局へデータ伝送の速度と品質を表す品質情報を付加して発呼要求を行う発呼送信手段を備え、基地局は、1フレーム中に所定の固定割当スロットと可変割当スロットとを確保する固定・可変スロット確保手段を備え、移動機からの発呼要求中の品質情報から最低伝送速度を満足させる第1のスロット数を算出する固定スロット数算出ステップと、移動機からの品質情報を満足する割当可能な第2のスロット数を算出する可変スロット数算出ステップと、固定スロット数算出ステップで算出したスロット数を先ず固定割当スロットに確保する固定スロット確保ステップと、可変スロットに空きスロットがあれば可変スロット数算出ステップで算出したスロット数に対応する可変スロットを確保する可変スロット確保ステップとを備え、移動機に確保結果を通知し、対応する移動機からの上記固定・可変の両スロットのデータを処理するようにした。

【0011】また更に、基地局は、移動機からの切断要求があると、対応する固定割当スロットを解放して空きスロットにするステップと、残存移動機の品質情報で要求される可変スロット数の和が現用の可変スロット数より多い場合は、切断要求があった移動機の可変スロットを再割当するステップとを付加した。

【0012】また更に、基地局は、発呼要求があった移動機に必要な品質情報と対応して記憶する割当リストを備えて、フレームの可変スロットを確保する可変スロット確保ステップにおいて割当リストを参照して対応する移動機の可変スロットを決めるようにした。

【0013】また更に、基地局は、可変スロット数算出ステップに代えて、最低伝送速度を満足させる第1のスロット数と品質情報を満足する第2のスロット数との中間品質対応の第3のスロット数を算出する中間可変スロット数算出ステップを備え、可変スロット確保ステップは、可変スロットに空きスロットがあれば中間可変スロット数算出ステップで算出した第3のスロット数に対応する可変スロットを確保するようにした。

【0014】また更に、移動機は、自身の送信データ量が所定の値を超えると基地局に対してスロット追加要求を送信するようにし、基地局は、移動機からのスロット追加要求を受信すると、その情報を基に可変スロット数算出ステップで再計算して可変スロットを確保し直すようにした。

【0015】また更に、移動機は、スロット追加要求に際して現使用可変スロット数の情報を送信し、基地局は、対応する移動機からの上記現使用可変スロット数情報を基に可変スロット数算出ステップで再計算して可変スロットを確保し直すようにした。

【0016】また更に、移動機は、現在の必要送信データ量を送信する手段を備え、基地局は、各移動機からの現在の必要送信データ量を監視して第1の閾値を超えると、可変スロット数確保ステップでは閾値を超えた移動

10

20

30

40

50

機に対する可変スロット数を増加させ、第2の閾値を下回ると、移動機に対する可変スロット数を減少させるようにした。

【0017】また更に、基地局は、移動機に対する可変スロット数を減少させる場合は、移動機からの解放確認信号を受信するまでは可変スロット数を確保しておくようにした。

【0018】また更に、移動機は、送信データがない場合は可変スロットでの送信を停止するようにし、基地局は、移動機からの送信データが送信されるスロットの同期を検出する手段を備え、この同期が所定の連続回数以上外れることを検出するステップを備えて、連続同期外れを検出すると対応する移動機に対する可変スロットを解放するようにした。

【0019】また更に、基地局は、所定の時間内における特定移動機に対する可変スロット数割当の増加と減少指示回数を計測するステップを設けて、増加と減少指示回数が設定値以上になると、移動機の必要送信データ量を監視する第1と第2の閾値を変更するようにした。

【0020】また更に、基地局は、移動機からの送信データを受信してスロット対応に誤りを検出する手段を備え、所定の数以上のこれら誤りを検出すると、可変スロット確保ステップで対応移動機に確保する可変スロット数を増加するようにした。

【0021】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 本発明では、移動機からの伝送要求を分析して、伝送のための最低品質を伝送するための固定スロットと、望ましい伝送品質を伝送するために加算される可変スロットに分け、固定スロットはいかなる状況でも伝送中は削減せず、可変スロットは各移動機からの要求の数、品質情報などに応じて増減配分をする。図1は本発明におけるTDMAフレーム構成の例を示す図であり、図2は基地局における移動機から発呼時の当該移動機に対するスロット割当の処理フローを示す図であり、図3は基地局における各フレーム毎のスロット割当変更に関する処理フローを示す図であり、図4は基地局における移動機からの切断要求受信時のスロット割当変更の処理フローを示す図であり、図5は各フレームにおけるスロット割当状況の例を示す図である。以下、図1～図5を用いて本発明の基地局におけるスロット割当方法の例を説明する。図1に示す通り、TDMAフレームは上下制御チャンネル用スロットならびにユーザデータ用スロットから構成される。なお、ユーザデータスロットは、上り／下りの区分はなく、基地局において上り／下りに動的に割当てられる。また、固定スロットについては割当後の変更を呼が終了するまで実施しないことは、以後の各実施の形態について共通である。

【0022】次に、図2を用いて基地局における移動機からの発呼時のスロット割当方法について説明する。移

動機は上り制御チャンネルを用いて、基地局に対して発呼要求を行なう。その際に移動機は発呼要求メッセージに移動機が要求する品質情報を付加して送信する。品質情報とは、最低必要な伝送速度、平均伝送速度、最大伝送速度、許容遅延時間、廃棄率などを示す情報である。基地局は移動機からの発呼要求を受信すると（ステップS0101、以後ステップの呼称を省略する）その発呼メッセージ内の品質情報をみて（S0102）、ただちに移動機が通信に最低必要なスロット数（S0103）と1フレーム内で最大必要なスロット数を算出する（S0104）。

【0023】算出した最低必要なスロット数（ N_s ）を1フレーム内の空き分から割当可能か判断し（S0106）、割当可能な場合には固定割当スロットとして当該移動機に割当てる（S0108）。割当が不可能な場合には、その移動機からの発呼は呼損となる（S0107）。また、当該発呼メッセージ内の品質情報の最大伝送速度から、移動機が1フレームで使用する最大スロット数（ N_r ）を算出する（S0104）。その最大スロット数が可変スロットの空きスロットによって割当可能な場合には（S0109）、その移動機に対して割当変更可能スロットとして $N_r - N_s$ 個のスロットを割当てる。また、可変スロットの空きでは（ $N_r - N_s$ ）個のスロットが割当られない場合には（S0109 : No）、空いている可変スロットすべてがその移動機の割当変更可能スロットとして割当られる（S0110）。以上のように算出されたスロット数に対応したスロット番号が設定され下り制御チャンネルを用いて発呼要求を出した移動機に対して固定割当スロットならびに割当変更可能スロットのスロット番号が通知される（S0115）。なお、各移動機に対しては固定割当スロットのスロット番号のみを通知し、以下に述べる方法で割当変更可能スロットを各フレームで各移動機で順次使用することも可能である。

【0024】図3を用いて各フレームにおいて基地局が発呼要求のあった移動機に対して、要求品質と最低品質の差をまかなう可変割当スロットの利用許可を行なう方法を説明する。基地局は各フレームにおいて割当変更可能スロットの合計（ ΣN_t ）を算出する（S0202）。次にあらかじめ各移動機からの発呼メッセージの品質情報に基づき作成されたタイミングテーブルから選んで、あるフレームにおいて最大速度でのデータ伝送を行わなくてはならない移動機をまず選択する（S0203）。そして選択された移動機の最大伝送速度に匹敵するスロット数（ N_r ）を算出する（S0204）。この N_r と最低伝送速度に匹敵するスロット N_s との差が通信中の全移動機の割当変更可能スロット数の合計 N_x よりも小さければ、その移動機に N_r 個分のスロットを割当て（S0206）、割当リストの次の移動機に対しても同様の処理を行う（S0208）。一方、 N_r が N

xよりも大きければ、Nxを当該移動機に割当変更可能スロットとして割り当てる(S0209)。ここで、割当リストは呼受け付け時に作成され、品質情報に従って、各移動機に対する割当変更可能スロットを割り当てる周期毎に各移動機が登録されている。このため、図5に示したように移動機は通常、固定割当スロットのみで送信し、割当リストに登録されたフレームにおいて割当変更可能スロットの利用が可能となる。つまり移動機毎に割当てられた可変スロットの数のみがフレームが移ると変動することがある。また、効率は悪くなるが、割当リストを持たないで、可変スロットの割当に先立って各移動機の要求品質を調べるようにしてもよい。

【0025】次に、図4を用いて基地局における移動機からの呼切断時のスロット解放方法について説明する。基地局は上り制御チャネルでの移動機からの切断要求を受信した場合には(S0301)、その移動機を含め通信中の移動機の要求品質(最大伝送速度に相当する)スロット数の合計Ny($=\sum N_r(i)$)を算出する(S0302)。切断要求を送出した移動機に対して固定割当スロットとして割り当てたスロットNsを解放したのち(S0303)、割当変更可能スロット数の合計Nx($=\sum N_t$)と要求品質スロット数の合計Ny(ともにその移動機のスロット数も含む)が一致した場合には(S0304:Yes)、その移動機を含めすべての移動機には要求品質通りのスロットが割当てられているとみなし、当該移動機の割当変更可能スロットの全てを解放する(S0305)。一方、NyとNxが一致しない場合には(S0304:No)、つまり要求品質からのスロット数と実際に許可している可変スロットの数とが一致していないので、どれかの移動機には要求品質通りのスロットが割当てられていない。従って、当該移動機以外の移動機に対して要求品質を満たすスロット数、要求品質を満たすスロット数が確保できない。そこで、要求品質を満たすスロット数を空きスロットから確保できる場合には(S0307:Yes)、要求品質に匹敵するスロットを割当変更可能スロットとし(S0309)、空きスロットが要求品質に匹敵するスロット数に足りない場合でも(S0307:No)、可変の空きスロットのすべてを割当変更可能スロットとする(S0308)。この場合には、当該移動機に割り当てられていたスロットの全てもしくは一部は解放されない。当該移動機に対して割当られたスロットに対する処理が終了した段階で、当該移動機を割当リストから削除し(S0310)、次フレームの下り制御チャネルにより、当該移動機に対して切断受け付けを送信する(S0311)。

【0026】ここで、移動機が正常に下り制御チャネルを受信できず、送信許可の確認ができない場合には、固定割当スロットのみを用いてデータ伝送を行なうこととなる。また、本実施の形態の図1または図5において、固定割当スロット及び割当変更可能スロットの割当スロ

ット内の相対位置についてはいかなるパターンでもよい。また、固定割当スロット数は最低品質を保証するスロット数であるが、ARQなどの再送制御を実施する場合や、無線回線品質が劣悪であって、制御チャネルの伝送品質が悪い場合には最低品質を保証するスロット数以上のスロットを固定割当としてもよい。上述した実施の形態1の方法によれば、各移動機に対して各フレームで送信許可のみを与えるだけで割当て変更ができるうえ、トラフィックに応じて送出許可回数を変化させることでトラフィック変動に柔軟に対応でき、伝送遅延を軽減できる。

【0027】実施の形態2。実施の形態1では、可変スロットの割当を割当リストに記載の移動機を順に選んで先頭から割り当てる方法であった。ここでは要求のあった移動機になるべく公平に可変スロットを割り当てる方法を説明する。図6は本発明の可変スロット割当方法の実施の形態2における処理フロー図であり、基地局における移動機から発呼時の移動機に対するスロット割当の処理を示している。図7は、基地局における各フレーム毎のスロット割当変更に関する処理フロー図を、図8は、あるフレームにおけるスロット割当状況の例を示す図である。以下、図1、及び図5～図8を用いて本実施の形態における基地局によるスロット割当方法を説明する。

【0028】まず、基地局における発呼時の移動機に対するスロット割当処理は、以下の図6に示す通りとなる。基地局は上り制御チャネルにより、移動機からの発呼受け付けを受信した場合には(S0101)、実施の形態1で示した処理により発呼メッセージ内の要求品質の分析(S0102)から最低品質を満足するスロット数Nsならびに最大伝送速度に相当するスロット数Nrを算出し(S0103、S0104)、NrとNsの差分Ntを計算する(S0105)。Nsが空きスロットから割当て不可能な場合には呼損となる(S0107)。次に、割当変更可能スロット数は、当該移動機の最大伝送速度に相当するスロット数Nrと固定割当スロット数Nsとの差分Ntと、当該移動機の品質情報から得られる平均伝送速度に相当するスロット数と固定割当スロット数Nsとの差分Nv、ならびに通信中のその他の移動機のNtとNvの差分の合計S($=\sum N_t - N_v$)を計算し(S0402)、このSと、空きスロットNoとの関係により設定する。他の移動機のNtとNvの差分の合計Sよりも当該移動機のNtとNvの差分が小さい場合は(S0403:Yes)、当該移動機の割当変更可能スロット数は平均伝送速度に相当するスロット数Nv(但し、Ns+Nvで平均伝送速度に相当する)を割り当てる(S0404)。逆に、SよりもNt-Nvの差分が大きい場合には(S0403:No)、当該移動機にNt-S個のスロットを割当変更可能スロットとして割り当てる(S0410)。但し、上記の双

方の割当数が空きスロット N_o よりも大きい場合には $N_o + S$ が N_v もしくは N_t よりも大きければ N_o (N_v の場合) (S0408)、もしくは $N_o + S$ ($N_t - S$ の場合) を割り当てるが (S0413)、 N_v が $S + N_o$ よりも大きい場合は呼損となる (S0107)。以上により、移動機毎の割当スロット数が設定される。ここで、固定割当スロットは変更されないので、各フレームでのスロット位置を指定する (S0416)。割当変更可能スロットについては、スロット番号を指定し、移動機毎に割当変更可能スロット間で同一フレームにて同一スロットを使用しないように割当リストを作成することも可能であり、図6の方法でスロット数のみを設定し、以下の方法で各フレーム毎に送出スロット番号を決定することも可能である。

【0029】次に、図7を用いて各フレームにおける移動機に対する可変スロット割当方法について説明する。基地局はフレームが変わる毎に割当変更可能スロット数の合計 $N_x (= \sum N_t)$ を算出し (S0202)、当該フレームで送信予定の移動機を割当リストから選択する (S0501)。複数の移動機が選択されている場合は選択された移動機の要求品質 N_r (最大伝送速度に相当するスロット数) の合計 (複数の移動機が選択されている場合) $\sum N_r$ を算出する (S0502)。この要求品質 N_r と N_s との差 N_t の合計が N_x よりも大きい場合には (S0503: Yes)、割当リストから1つの移動機を選択し、全体の要求品質の合計 $\sum N_r$ に対する当該移動機の要求品質の割合に匹敵するスロット数 ($N_x \times (N_r / \sum N_r)$) を割当変更可能スロットとして当該移動機に割当て (S0505)、下り制御チャネルで $N_x \times (N_r / \sum N_r)$ 個分のスロット番号を通知する (S0211)。順次、割当リストから移動機を選択し (S0501)、同様の計算により、割当変更可能スロットを設定する。一方、 N_x が $\sum N_t$ よりも大きい場合には (S0503: Yes)、当該フレームで割当リスト内のすべての移動機に対して要求品質に相当するスロットを割り当て (S0206)、下り制御チャネルでスロット番号を報知する (S0211)。図8に示すように実施の形態1で示した方法を用いれば、割当リストの先頭に近い移動機には要求品質に近いスロットが割当られるが、本実施の形態では割当リストで同一フレームで送信するように設定されている移動機に対しては、要求品質の比に応じてスロットが割当られる。また、本実施の形態では通信中の移動機のすべての要求品質の和に対する比で設定したが、割当リストで同一フレームで送信する移動機の要求品質の和に対する各移動機の要求品質で割当変更可能スロット数を設定してもよい。また、別の N_r と N_s の中間値 N_z を設定して $N_t = N_z - N_s$ としてもよい。

【0030】基地局からのスロット割当に従い移動機は各TDMAフレームの指定されたスロットにおいてデ

タ送信を行う。図5において、特定の移動機の各フレームにおけるスロット割当状況が示されている。図5に示す通り本実施の形態ではスーパーフレーム構成を取らず、各TDMAフレームの下り制御チャネルにおいて、基地局は移動機に対して使用スロット番号を通知する。上述の方法で基地局は各TDMAフレームにおいて割当変更可能スロットの割当を決定し、移動局は下り制御チャネルで指定されたスロットでデータ伝送を行う。このため、タイミングテーブル順序に従い各TDMAフレームにおいて各移動機に対してスロットを融通し合うことになる。また、そのスロットの融通は各移動機からのトラフィックパターン、すなわち要求品質、最低品質もしくは平均伝送速度、ならびに許容伝送遅延などに基づき、割当スロット数や割当TDMAフレーム周期が各移動機毎に自由に設定することができ、従来例のようにスーパーフレーム単位に固定とはならない。すなわち、スーパーフレーム周期に依存した割当間隔とはならない。図5では移動機Aは割当変更可能スロットがほぼ3TDMAフレーム間隔で現れるのに対して、移動機Bは5TDMAフレーム単位に割当変更可能スロットの割当が出現している。また、他の移動機とのスロットの融通も動的にできる。ここで、基地局は共用しているスロットにおいて同一フレームで複数の移動機が送信することがないように、送信許可を与えるタイミングテーブル (送信許可テーブル) を生成する必要があるが、同一スロットを割り当てられていない移動機をグループ化し、移動機からの送信バッファキュー長を元に一番長いキューを持つ移動機が含まれるグループを当該フレームでの送信許可移動機群として指定していく方法を用いることもできる。この方法によれば、同一スロットを複数の移動機で共用できるので回線利用効率の向上を図ることができる。

【0031】実施の形態3。基地局が移動機からの当初の発呼要求に基いて可変スロットを割当てても、移動機からの実伝送データの量や、フレームを共有する移動機数によって時間が経過すると移動機によっては滞留データ量が多くなることがある。この是正方法の1つを説明する。図9は本発明の実施の形態3における基地局による各フレーム毎の可変スロット割当方法の例を示す処理フロー図である。図10はスロット再割当のシーケンスを示す移動機-基地局間のシーケンス図である。以下、図1、及び図9～図10を用いて本発明の実施の形態3におけるスロット割当方法を説明する。

【0032】各移動局は、割当変更可能スロットが少なくして送信出来ないデータが滞留した場合には、図10のように上り制御チャネルを用いて新規割当要求を送信する。基地局は、受信した新規割当要求に基づき、呼設定時や呼切断時と同一の処理により、要求を受けた移動機に対する割当変更スロット数の再算出を行う。例えば、その移動機が呼設定要求を送出した段階では、基地局に

10

20

30

40

50

送信される上りトラフィックが多くて、その移動機に最低品質のみ、または平均伝送速度に相当するスロット数のみが割り当てられていれば、当該移動機は新規の割当要求により要求品質に近いスロットの再割当を要求することができる。

【0033】図9により基地局におけるスロット再割当処理を説明する。まず、移動機は基地局に対して、スロット変更要求を送信する。このメッセージには品質情報と新たに現在割り当てられているスロット数ないしこれまでに送信許可された最大スロット数を付加する。この情報があれば基地局は直ちに以前の値を知ることができ、改善の際の目安にできる。基地局は発呼時と同様に品質情報から要求品質（最大伝送速度に相当するスロット数）を算出し、現在の割当スロット数との差分 N_z を計算する。この N_z を元に実施の形態2記載と同様の処理（S0404～S0416）にてスロット数の変更を実施する。

【0034】本実施の形態においても、下り制御データが正常に受信できない場合には移動機は割当スロットの変更はできず、基地局においても該当移動機からの確認信号を受信するまでは割当スロットの変更を実施しない。

【0035】この方法によれば、発呼時に設定されたスロット数を移動機からの要求に基づいて変更できると共に、送出許可によるトラフィック変動に対する追従性も向上でき、伝送遅延の軽減、回線利用効率の向上が図ることができる。

【0036】実施の形態4. 本実施の形態では先の実施の形態1ないし3と異なり、各移動機から単位時間当りのトラフィック変動に相当の情報を送り、基地局ではこれらの情報を基に可変スロットを割当する方法を説明する。図11は本発明の実施の形態4における可変スロット割当方法を示す処理フロー図である。図12はスロット再割当を行う際の移動機-基地局間のシーケンス図である。以下、図1、及び図11～図12を用いて本実施の形態におけるスロット割当方法を説明する。

【0037】各移動機は送信バッファのキュー長をフレーム単位、もしくは規定フレーム数単位に計測する。図11に示す通り、上り制御信号送信直後の送信キュー長(x)に、このフレームの間に入力したトラフィック量を加算し、当該移動機に割当てられたスロット数に匹敵するトラフィックを減算した送信キュー長(x)を次のフレームの上り制御チャンネルで基地局に報告する。基地局では、各移動機からの送信キュー長報告に基づき、送信キュー長が閾値(X_i)を超過している移動機を選択し、その移動機の割当変更可能スロット数を増大させる。次に、キュー長が閾値(X_d)を下回っている移動機を選択し、その移動機の解放予定スロットを選択する。当該フレーム（もしくはもう1フレーム後のフレーム）の下り制御チャンネルを用いて、スロットの解放、割

当を行なう。すべての移動機からの確認信号を受信した時点で割当変更は終了する。なお、移動機からのACK/NACK信号はユーザデータスロットに多重化しても構わない。また、スロットの解放を行う場合には、解放確認信号が移動機から受信されるまでは、当該スロットを解放状態とはしない。即ち、解放状態前に当該スロットを他の移動機に割当ててはしない。これはスロット数にて管理する場合にも同様の扱いである。

【0038】次に、図11を用いて基地局における割当スロット数の増減処理について説明する。基地局は上り制御チャンネルを用いて各移動機からの送信キュー長の報告を受信する（S0701）。各移動機の実送送信キュー長が閾値(X_i)を超えている場合には、送信キュー長の増分($x - X_i$)に対応するスロット数 N_{zp} を算出し（S0703）、その移動機の割当変更可能スロット数に加算する（S0704）。以降は実施の形態2で示した各フレームにおける移動機に対する送信スロット通知と同様の処理（S0404～S0415）にてその移動機に対して割当てスロット位置を通知する（S0708）。また、送信キュー長が閾値(X_d)以下の場合には、送信キュー長さの減少分($X_d - x$)に対応するスロット数 N_{zm} を算出し（S0706）、その移動機の割当変更可能スロット数から減算する。なお、その移動機に対して、呼設定時に割当変更可能スロットとしてスロット番号が通知されている場合には、基地局は割り当てたスロットの中でスロット番号が大きい順に解放スロットを選択し（S0707）、下り制御チャンネルにてその移動機に通知する（S0708）。また、各フレームにおいて移動機に対して使用するスロットを報知する方法を採用している場合には、その移動機に対する割当変更可能スロット数を変更する。この場合には増加させる場合には呼受け付け時の処理を、減少させる場合には呼切断時の処理を用いる。

【0039】この方法によれば、移動機の実送送信キューに対応して割当スロット数を増減させることが可能であり、移動機からの送信キュー報告周期に依存した遅延時間で送信キューに追従して割当スロット数を変更できるので、各移動機のトラフィックに遅れなく即応したスロット割当ができる。

【0040】実施の形態5. 図13は、本発明の実施の形態5における可変スロット割当方法のスロット解放を示すシーケンス図であり、図14は可変スロット割当方法のスロット解放処理のフロー図である。以下、図1、及び図13～14を用いて本実施の形態における可変スロット割当方法を説明する。

【0041】従来例でも説明したように、基地局において受信データに対してN回連続で受信未確認(NAK)を送信すると、割当スロットを解放することができるが、移動機がN回連続送信し、基地局がN回連続で無線区間の誤り等によるデータ受信を失敗した場合にも割当

スロットを解放してしまう。ここでは、図13に示したように、移動機は送信データが無い場合の割当変更可能スロットでの送信を停止する(図13では#3のみ)。こうすれば、基地局は当該スロットの同期を取ることが出来ないで同期はずれとなり、CRCでのエラーとは異なる指標を得ることができる。例えば、基地局は同期外れを連続N回観測したスロットはN回目の同期外れを起こしたフレームの次のフレームの下り制御チャネルにて当該フレームにおける割当変更可能スロットを解放する通知を当該移動機に対して送信する。この方法は、予め移動機に対して固定の送信スロットを設定する方法すべてに用いることが出来る。また、各フレームにおいて送信スロットを報知する方法の場合の通知には、送信スロット数(実施の形態1~4では割当変更可能スロット数)に対応したスロット位置(番号)の選択の際に応用することができる。

【0042】図14を用いて基地局における同期外れによるスロット解放処理について説明する。移動機からの送信キュー長報告を調べ(S0801)、送信キュー長(Lq)が閾値(Xp)よりも短い場合には(S0802:N0)、以下の処理を行う。まず、基地局は同期はずれを起こしたスロット番号を記憶し(S0805)、当該スロットの前フレームでの状態を検査する。前フレームでの状態も同期外れの場合には同期はずれ回数(AS)をカウントアップする(S0808)。なお、当該スロット以外の前フレームでの状態ならびに同期外れ回数はリセットしておく(S0806)。同期外れ回数が閾値Nよりも大きい場合には、割当変更可能スロット数を当該スロット数分減少させる(S0809)。ただし、送信キュー長Lqが閾値Xpよりも長く、かつ同期はずれが頻発する場合には、無線回線品質の悪化と考えられるので、割当変更可能スロット数の変更は実施しない(S0804)。この方法によれば、移動機は送信データが無い場合には当該スロットでの送信を一切行わず(アイドル信号も送信しない)、送信パワーを落とす。こうして、基地局は当該フレームの当該スロットは同期外れとなり、その移動機からの送信がなかったことが分かる。従って、複数フレームにわたり送信データのなかったスロットを、その移動機の割当スロットから解放できる。また、制御情報が途中で誤ってしまったため割当変更可能スロットの解放が実施できない場合でも、移動機からの送信データが無ければ、基地局が自律的にスロットを解放し、回線利用効率を向上させられる。

【0043】実施の形態6。図15は本発明の実施例6における送信バッファのキュー長に基づいて補助的にスロット割当変更を行なう方法を示すシーケンス図であり、図16はそのスロット割当変更処理フロー図である。以下、図1及び図15~16を用いて本実施の形態におけるスロット割当変更方法を説明する。

【0044】基地局は、図15に示すように、移動機か

らの送信キュー長(x)を各フレームないし規定フレーム数(nフレームに1回)毎に受信する。実施の形態4では、基地局は受信した送信キュー長に基づき、移動機に対する割当変更可能スロット数の増減方法を説明した。この実施の形態4の方法では、二つの閾値(Xi、Xd)の関係が $X_d < x < X_i$ であれば、スロット割当の変更は実行されない。しかし、移動機における送信キューに対する入力トラフィックの変動が大きい場合、すなわちピークビットレートと平均ビットレートの差が大きい場合や、バースト性が高い入力トラフィックの場合には、割当変更が頻繁に起こることになる。そうすると、送信データがない状態や、送信バッファにデータ溜まる状態が繰り返えされ、サービス品質が守れない場合がある。また、適切な閾値を基地局が選択できない場合にも同様の状態となる。さらに、頻繁に移動機に対する割当変更スロット数の変更を増大させると基地局の負荷ならびに、他の移動機への割当スロット数の変動が大きくなる。本実施の形態ではこれらの状況に対処するために、基地局は特定の各移動機の単位時間Tの間に発生した割当て変更回数を計測し、割当て変更回数がN回以上となった移動機の送信キュー長用閾値(Xi、Xd)の間隔を広げて、割当変更頻度を減少させる。

【0045】図16を用いて、この割当変更頻度適切化処理を説明する。基地局は移動機から送信キュー長報告を受信した場合には、(S0901)移動機毎に持つタイマをチェックする(S0902)。タイマが稼働している場合には、送信キュー長が閾値XdとXiの中($X_d < L_q < X_i$)にあるか否かを検査し(S0905)、閾値外にある場合には実施の形態4で示した方法によりその移動機に対して割当変更可能スロット数の増加または減少を実施し、回数カウンタ値を加算する(S0906)。また、タイマが稼働していない場合にはタイマを稼働し(S0903)、カウンタ値をリセットする(S0904)。次に、タイマ稼働中にカウンタ値がN以上になった場合はT時間以内にN回の割当変更があったことになるため、閾値XdとXiをそれぞれ $X_d = X_d - \Delta m$ 、 $X_i = X_i + \Delta n$ に変化させ(S0908)、送信キュー長が許容される値の幅を増加させ(S0908)、受信タイマをリセットする(S0909)結果として割当変更可能スロット数自体の変更頻度を減少させることができる。この方法によれば、割当て変更回数の頻度を低減できる為、トラフィック変動周期の激しい呼に対してもピークトラフィックに近づく傾向をとり伝送遅延なくデータ送信ができる。さらに、呼毎に割当変更用の閾値が決まるため、閾値の適正化も動的に行われることとなり、バースト性の高いトラフィックのための閾値の設定のような特例を設けることなく処理が実装できる。

【0046】実施の形態7。図17は本発明の実施の形態7におけるARQの再送要求を用いたスロット割当変

10

20

30

40

50

更を行うシーケンス図であり、図18はそのスロット割当変更処理を示すフロー図である。以下、図17ならびに図18を用いて本実施の形態における可変スロット割当方法を説明する。

【0047】基地局と移動局との間でARQが実施されている場合の図17に示すシーケンス図は、移動機から送出されたデータ(1~6)のうち、No. 2、3、5のデータに誤りが発生した様子を示している。ARQが実施されている場合は、受信データに誤りがあれば、少なくとも当該フレームでのデータは再送のために送信側(移動機)で送信バッファに溜まっている。そこで、基地局側では、再送要求のためのデータ(シーケンス番号など)から算出される再送データ数を元に、送信側キュー長用の閾値(Xd)を減らすことにより、割当スロット数の増加を迅速に行うことができる。

【0048】図18を用いて、再送制御(例えばARQ)を実施している基地局での割当スロット変更処理について説明する。基地局が移動機からのスロットを受信すると(S1001)、各スロットに付されたCRC(Cyclic Redundancy Check)を計算し(S1002)、当該スロットでの誤りの有無を検査する(S1003)。但し、図18ではスロット単位にCRCが付されている条件で記載しているが、スロット内のデータユニット単位にCRCが付与されていることもある。受信スロットに誤りが検出された場合には、その誤りが検出されたスロット番号を記憶し(S1005)、誤りのあったスロット数(m)を算出する(S1006)。ここで、mが閾値(a0)よりも大きい場合には、対応する移動局の割当変更可能スロットを増大させることになったXiをaだけ減少させる(実施の形態3、4で述べた)(S1008)。このように、Xiを減少させると、次の移動機からの送信キュー長報告における移動機のキュー長(x)の増加に対して、割当変更可能スロット数の増加処理が速やかに進む。この方法によれば、再送のための送信バッファのキュー長が伸びるので、移動機のキュー長の増大に対して短時間で割当てスロットが増加し、再送による送信遅延を軽減できる。

【0049】

【発明の効果】上述したようにこの発明の方法によれば、以下の効果がある。移動機からの最低伝送速度対応の固定スロットを割り当てるので、各移動機は必要な通信を確保できる効果があり、更に余裕がある場合はフレーム毎に即応して要求品質の伝送が出来て回線効率が向上する効果がある。

【0050】また更に、切断により可変スロットに空きが出来ると再割当をするようにしたので、トラフィックの変動に即応して伝送速度を向上できる効果がある。

【0051】また更に、割当リストを用いるので、可変スロットの割当が迅速に出来る効果がある。

【0052】また更に、可変スロットの確保に際しては中間品質を考慮したので、伝送を行っている各移動機がその要求品質に応じて平等に可変スロットを確保できる効果がある。

【0053】また更に、再発呼要求で可変スロットを再確保するようにしたので、状況変化に即応して伝送速度を変更できる効果がある。

【0054】また更に、移動機から現用スロット数も報告するようにしたので、基地局での再評価時間が短縮されて即応性が向上する効果がある。

【0055】また更に、各移動機は伝送が必要な現在送信データ量対応の情報を報告するようにしたので、きめ細かい伝送速度の設定を遅れなく行える効果がある。

【0056】また更に、解放確認信号の受信までは可変スロットを解放しないので、不用意な回線切断を防ぐ効果がある。

【0057】また更に、同期外れとその他の原因を区別するようにしたので、伝送データがない場合の同期外れでは可変スロットを他に渡して有効利用が出来る効果がある。

【0058】また更に、移動機への可変スロットの増減指示回数を監視するので、対応する移動機の伝送速度を適切に抑えて制御回線のトラフィック量を削減し、かつ回線の利用効率を向上させる効果がある。

【0059】また更に、移動機からのデータの誤り量を検出して再送が必要な移動機は可変スロットを増加させるようにしたので、誤りがあった移動機は伝送時間を短縮できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明におけるTDMAフレーム構成の例を示す図である。

【図2】 本発明の実施の形態1における基地局によるスロット割当の処理フロー図である。

【図3】 実施の形態1において基地局が行うフレーム毎のスロット割当変更処理フロー図である。

【図4】 実施の形態1において切断要求に基づくスロット割当変更処理フロー図である。

【図5】 本発明における各フレームでのスロット割当状況の例を示す図である。

【図6】 本発明の実施の形態2における基地局によるスロット割当の処理フロー図である。

【図7】 実施の形態2において基地局が行うフレーム毎のスロット割当変更処理フロー図である。

【図8】 実施の形態2におけるフレームでのスロット割当状況の例を示す図である。

【図9】 本発明の実施の形態3における基地局によるスロット割当の処理フロー図である。

【図10】 実施の形態3におけるスロット再割当のシーケンスの例を示す図である。

【図11】 本発明の実施の形態4における基地局によ

るスロット割当の処理フロー図である。

【図12】 実施の形態4におけるスロット割当のシーケンスの例を示す図である。

【図13】 本発明の実施の形態5における可変スロット割当のシーケンスの例を示す図である。

【図14】 本発明の実施の形態5における基地局によるスロット割当の処理フロー図である。

【図15】 本発明の実施の形態6における可変スロット割当のシーケンスの例を示す図である。

【図16】 本発明の実施の形態6における基地局によるスロット割当の処理フロー図である。

【図17】 本発明の実施の形態7における可変スロット割当のシーケンスの例を示す図である。

【図18】 本発明の実施の形態7における基地局によるスロット割当の処理フロー図である。

【図19】 第1の従来例におけるTDMAフレームの構成図である。

【図20】 第1の従来例における可変スロット割当の

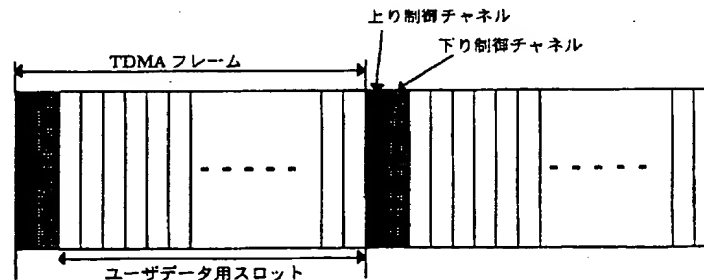
処理フロー図である。

【図21】 第2の従来例における可変スロット方式のスロット解放シーケンスの例を示す図である。

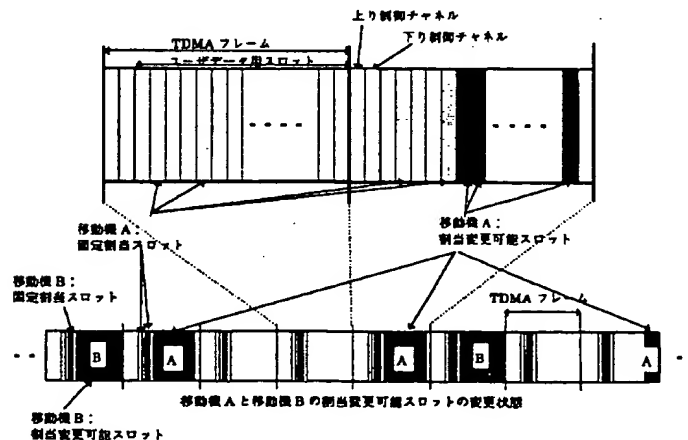
【符号の説明】

S0103 最低品質を満たすスロット数算出ステップ、S0104 要求品質を満たすスロット数算出ステップ、S0105 可変スロット数算出ステップ、S0108 固定スロット確保ステップ、S0110 可変スロット確保ステップ、S0112 可変スロット確保ステップ、S0301 切断受付ステップ、S0304 可変スロット見直し確認ステップ、S0307 可変スロット見直し確認ステップ、S0502 要求品質を満たすスロット数算出ステップ、S0503 中間可変スロット確認ステップ、S0505 可変スロット確保ステップ、S0601 再発呼要求受付ステップ、S0603 スロット増分数算出ステップ、S0604 可変スロット増分確保ステップ、S0808 同期外れ数検出ステップ、S1007 誤り回数検出ステップ。

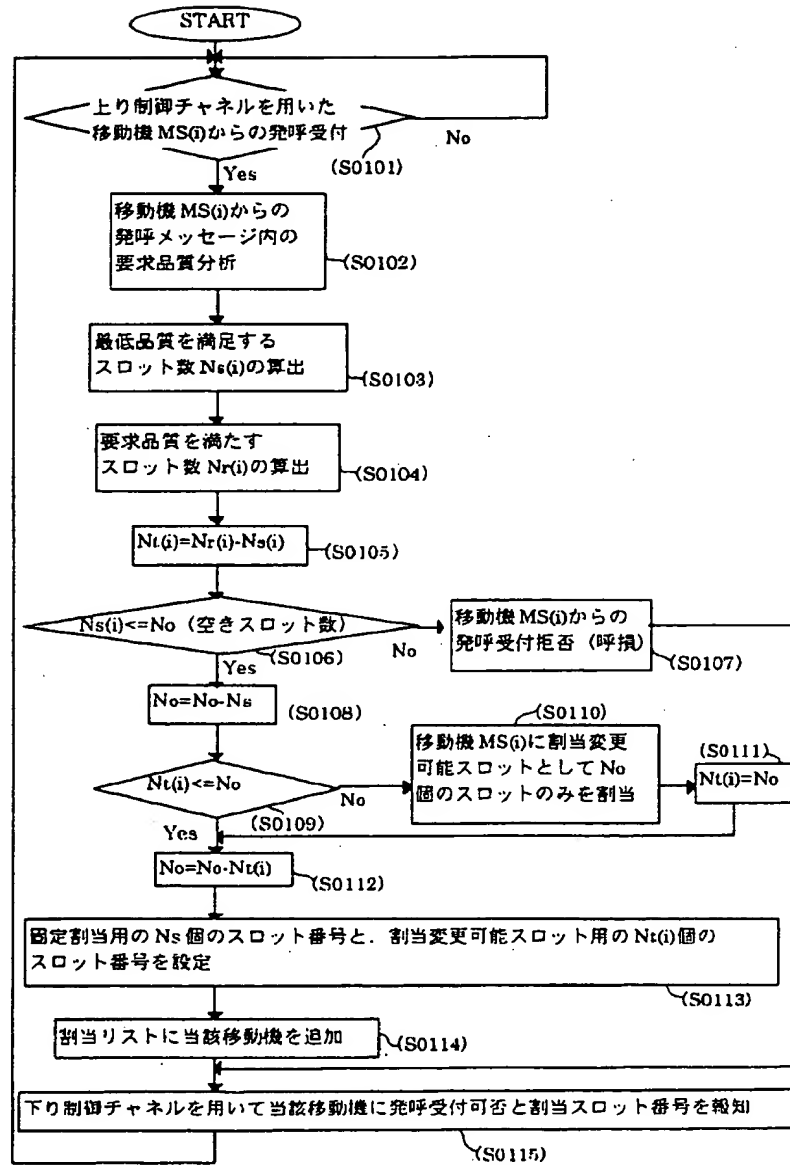
【図1】



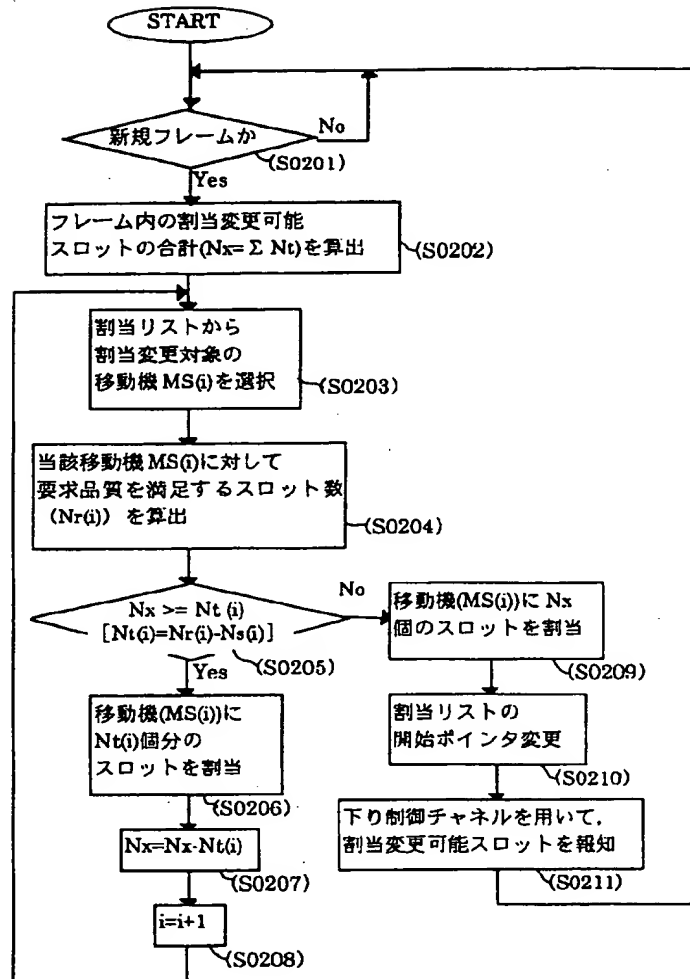
【図5】



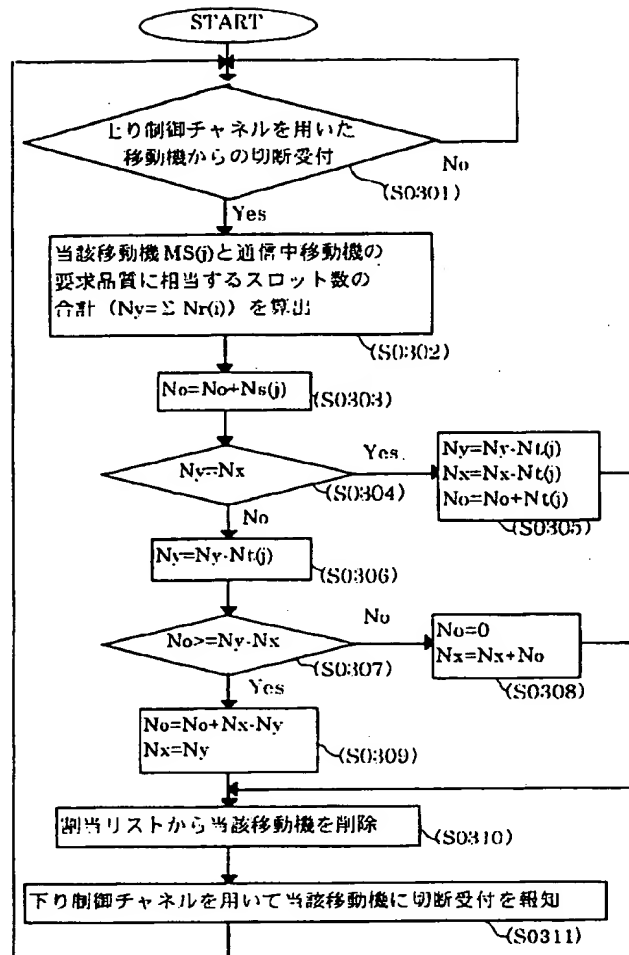
【図2】



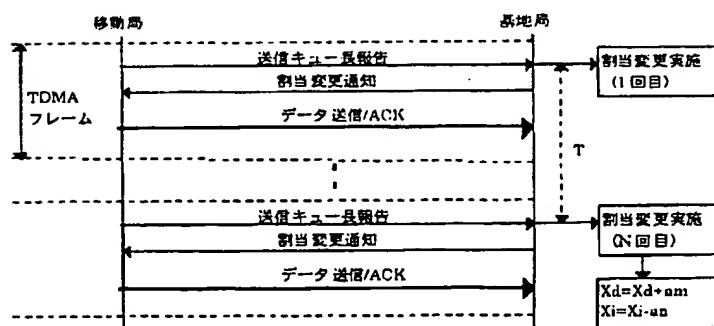
【図3】



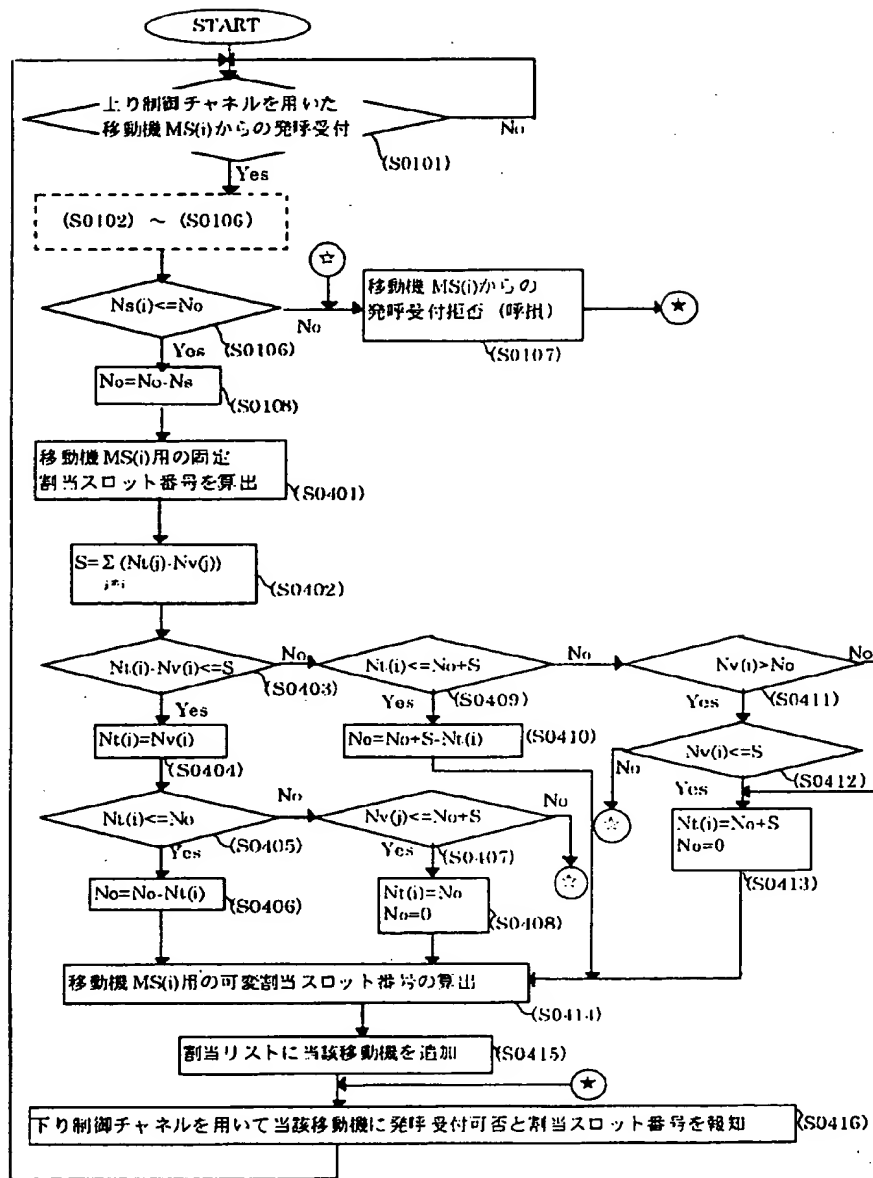
【図4】



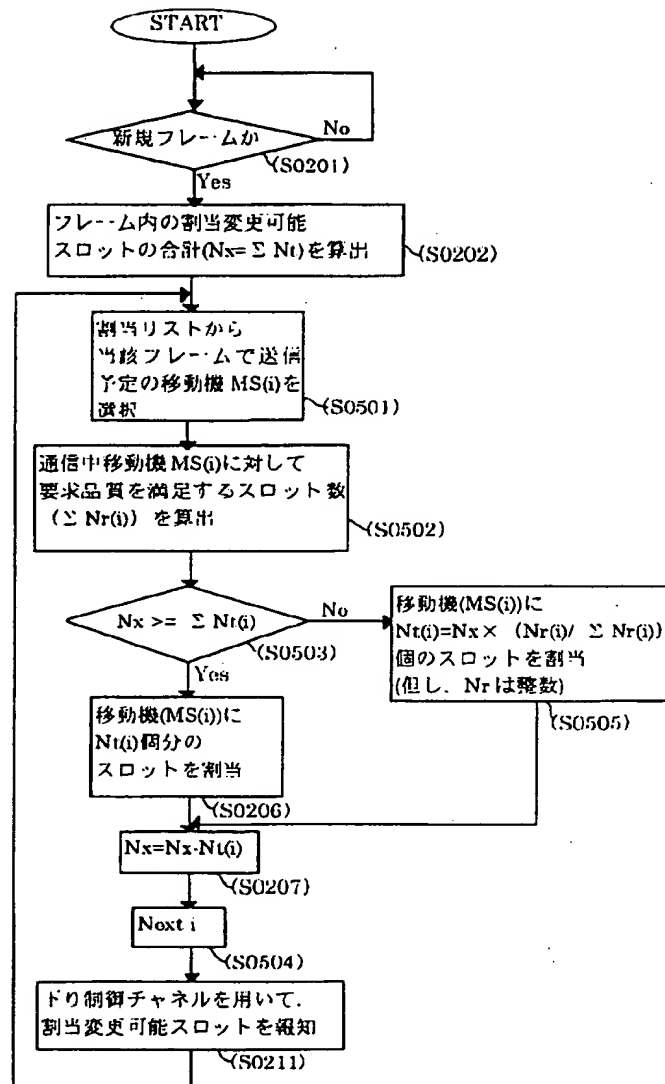
【図15】



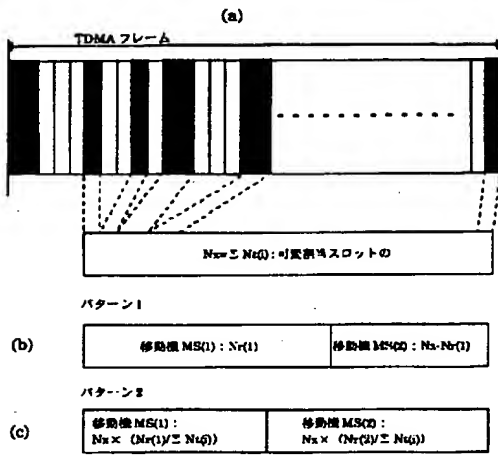
【図6】



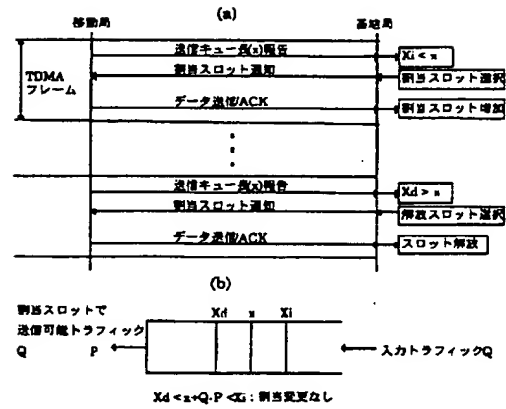
【図7】



【図8】

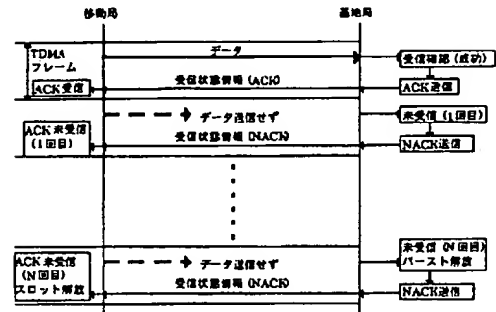
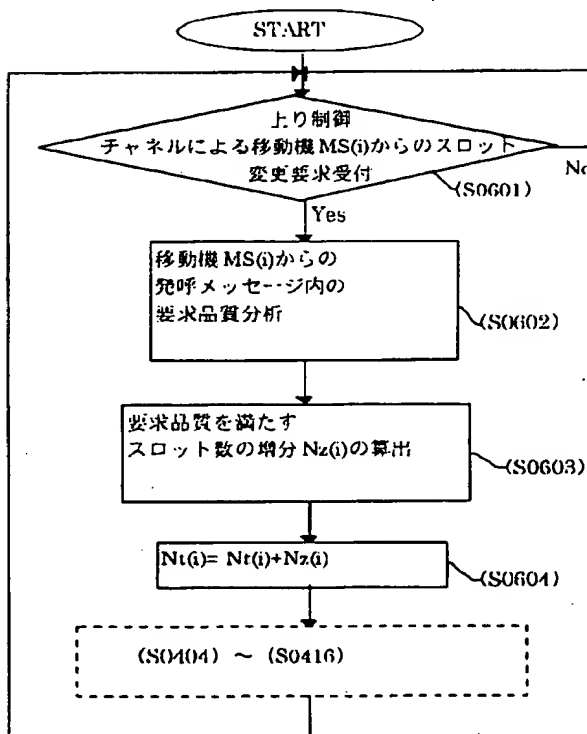


【図12】

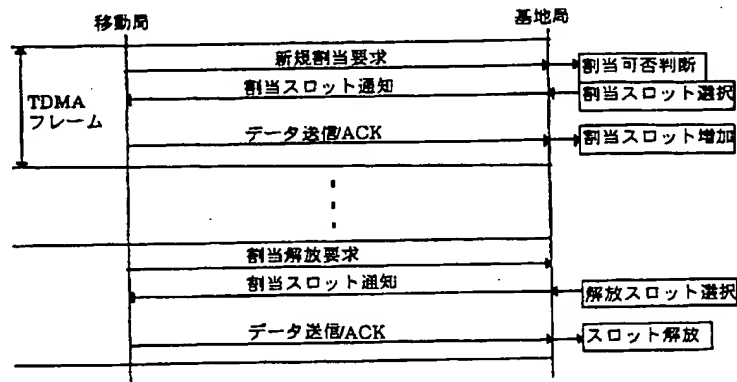


【図21】

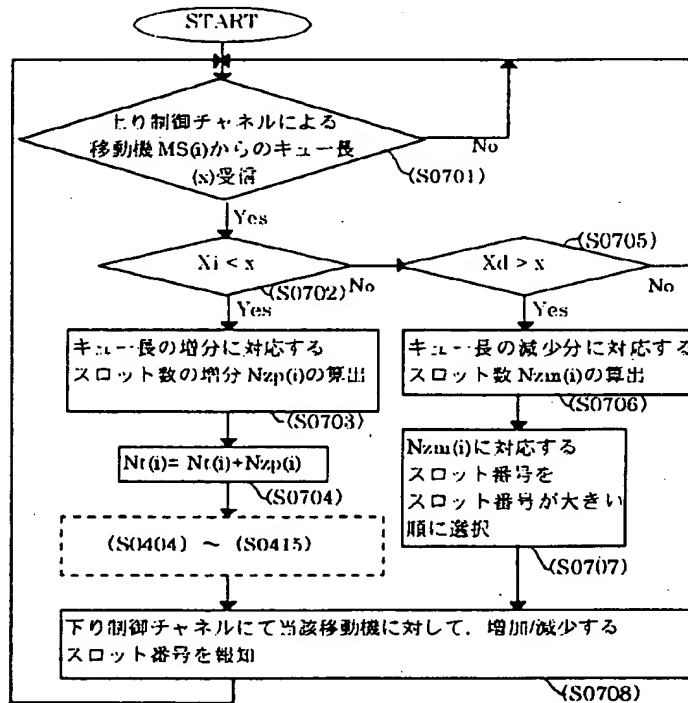
【図9】



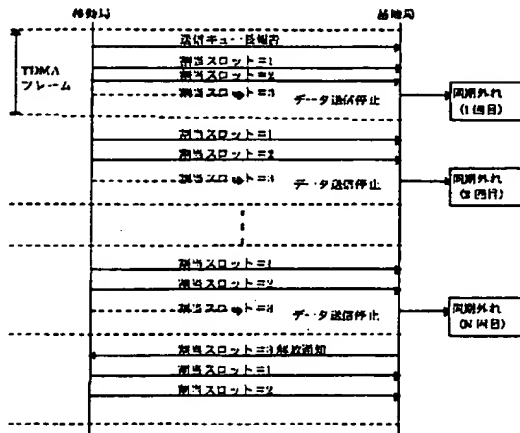
【図10】



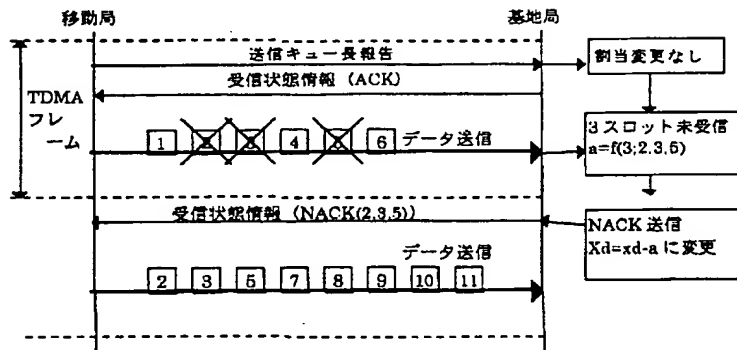
【図11】



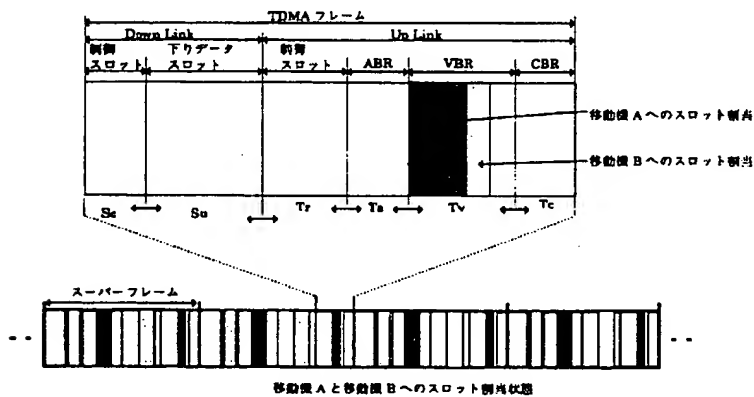
【図13】



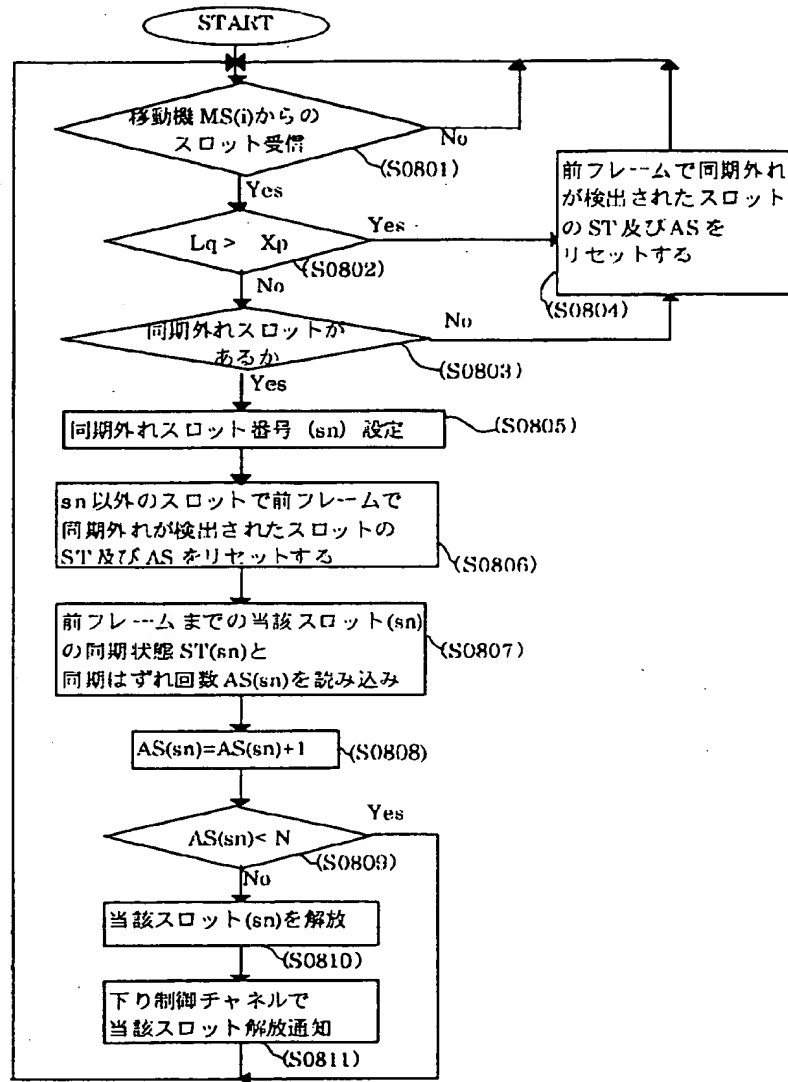
【図17】



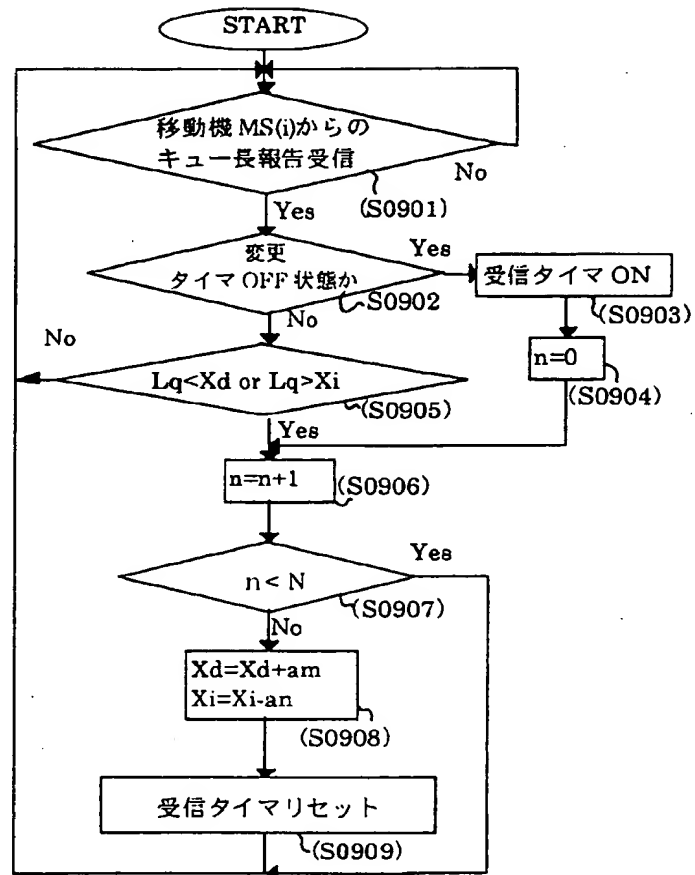
【図19】



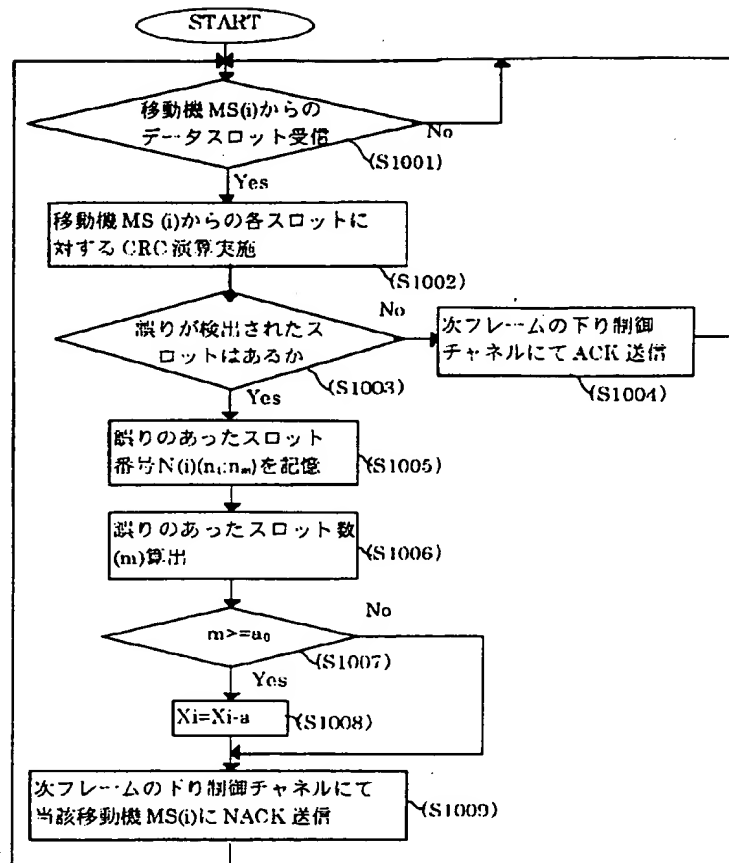
【図14】



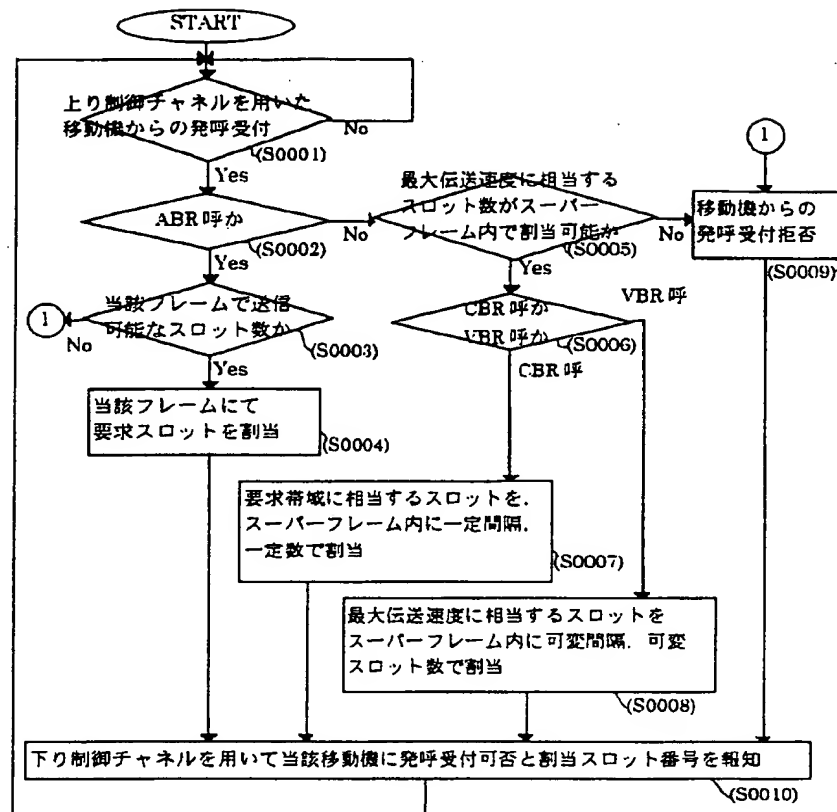
【図 16】



【図18】



【図20】



JP-A 11-69431

Title of the Invention

Method of variably allocating TDMA slots

Abstract

A variable slot allocation method is provided which is responsive to a change in the traffic from the mobile unit in order to provide minimal delay, fast response, and a higher rate of the efficiency of network usage, hence minimizing the traffic over the control channel.

In a system for communications between a station and two or more mobile units, each the mobile unit is provided for demanding a call accompanied with the quality data and the station includes fixed/variable slot assigning means for conducting: a fixed slot number calculating step of calculating from the quality data in the call received from the mobile unit a first number of slots which satisfies the minimum transmission rate; a variable slot number calculating step of calculating a second number of assignable slots which satisfies the quality data; a fixed slot assigning step of assigning the slot number of fixed slots calculated; and a variable slot assigning step of assigning the calculated number of variable slots from blank slots.

What is claimed is:

1. A TDMA variable slot allocation method for use in a

system for transmitting data over time-division multiple access (TDMA) channels between a station and a number of mobile units,

the mobile unit including a call transmitting means for producing a call accompanied with quality data indicative of the transmission rate and the quality of data to be transmitted to the station,

the station including a fixed/variable slots assigning means for assigning a desired number of fixed slots and a desired number of variable slots in one frame, said method comprising:

a fixed slot number calculating step of calculating from the quality data in the call received from the mobile unit a first number of slots which satisfies the minimum transmission rate;

a variable slot number calculating step of calculating a second number of assignable slots which satisfies the quality data from the mobile unit;

a fixed slot assigning step of assigning the slot number of fixed slots calculated by the fixed slot number calculating step; and

a variable slot assigning step of assigning the slot number of variable slots calculated by the variable slot number calculating step,

wherein the result of assignment is notified to the mobile unit and the data of both the fixed and variable slots from the mobile unit are processed.

2. A TDMA variable slot allocation method according to claim 1, further comprising:

a step of, when a demand for disconnection is received from any mobile unit, canceling and shifting its fixed slots to blank slots; and

a step of, when a sum of the variable slots required for the quality data of the other mobile units is greater than the number of variable slots of the concerned mobile unit, allocating the variable slots of the disconnected mobile unit to the concerned mobile unit.

3. A TDMA variable slot allocation method according to claim 1, wherein the station has an allocation list for saving the mobile unit which demands a call together with its desired quality and the variable slot assigning step of assigning the variable slots in each frame determines the number of variable slots to be allocated to the mobile unit through referring the allocation list.

4. A TDMA variable slot allocation method according to claim 1, wherein the variable slot number calculating step in the station is replaced by an intermediate variable slot number calculating step of calculating a third number of slots for the intermediate quality between the first number of slots satisfying the minimum transmission rate and the second number of slots satisfying the quality data,

and the variable slot assigning step, when some blank variable slots are available, assigns the third number of variable slots calculated by the intermediate variable slot number calculating step.

5. A TDMA variable slot allocation method according to

claim 1, wherein the mobile unit, when its transmission data exceeds a predetermined amount, transmits a demand for extra slot allocation to the station,

and the station, when receiving the demand for extra slot allocation from the mobile unit, performs the variable slot number calculating step for calculating again the number of variable steps to be extra allocated from the received data.

6. A TDMA variable slot allocation method according to claim 5, wherein the mobile unit transmits a data about the number of allocated variable slots together with the demand for extra slot allocation and the station performs the variable slot number calculating step for calculating again the number of variable steps to be extra allocated from the data about the number of allocated variable slots received from the mobile unit.

7. A TDMA variable slot allocation method according to claim 1, wherein the mobile unit includes a means for transmitting the currently required amount of data,

and the station, when the currently required amount of data received from the mobile unit is greater than a first threshold, performs the variable slot number assigning step to increase the number of variable slots of the mobile unit and when the currently required amount of data is smaller than a second threshold, performs the variable slot number assigning step to decrease the number of variable slots of the mobile unit.

8. A TDMA variable slot allocation method according to claim 7, wherein when decreasing the number of variable slots

of the mobile unit, the station holds the number of variable slots before a signal of allocation cancellation is received from the mobile unit.

9. A TDMA variable slot allocation method according to claim 1, wherein the mobile unit cancels the transmission of the variable slots when no transmission data is available,

and the station includes a means for detecting the synchronization of the slots which carries the transmission data from the mobile unit with a step of examining whether or not the synchronization is lost a predetermined number of consecutive times and can cancel the variable slot of the mobile unit upon detecting out-of-synchronization the predetermined number of consecutive times.

10. A TDMA variable slot allocation method according to claim 7, further comprising a step of measuring a number of instruction times for increasing or decreasing the number of variable slots allocated to the mobile unit within a specific length of time, wherein when the instruction for increasing or decreasing occurs more than a given number of times, the first and second thresholds for monitoring the amount of data required for transmission from the mobile unit are modified.

11. A TDMA variable slot allocation method according to claim 7, wherein the station includes a means for detecting an error in the slot allocation in the transmission data received from the mobile unit and when the error occurs more than a given number of times, performs the variable slot assigning step to increase the number of variable slots allocated to the mobile

unit.

Detailed Description of the Invention

[0001]

Field of the Invention

The present invention relates to a method of variably allocating TDMA slots to mobile units of each station in a radio communications system where ATM cells are transmitted by TDMA (time-division multiple access) technique.

[0002]

Background of the Invention

Methods of allocating TDMA slots to mobile units in a radio communications system with TDMA are classified into a fixed allocation method and a variable allocation method. In conventional digital mobile telephone/automobile telephone systems or digital wireless telephone systems such as PHS (personal handyphone system) using TDMA technique, the fixed allocation is used for fixedly allocating a given number of TDMA slots to mobile units. On the other hand, any next-generation mobile telephone/automobile telephone system has to implement the transmission of ATM cells or packets in view of the compatibility with wide-band communications networks including B-ISDN. It is hence desired to use a scheme of variable slot allocation for dynamically modifying the slot allocation to the mobile unit depending on the state of traffic which is varying in the mobile unit.

[0003]

One of such conventional variable slot allocation methods is known where when a call of connection type is produced, particular slots in one TDMA frame are allocated over a fixed or specified number of frames in response to a demand from the mobile unit and when a call of connection-less type is produced, the other slots than the slots allocated to the connection type call in each TDMA frame are allocated to the call. One characteristic variable slot allocation method is disclosed in Japanese Patent Application Laid-open No. 9-18435. The method will now be explained referring to Figs. 19 and 20.

[0004]

Fig. 19 illustrates a TDMA frame according to a first conventional method. The frame has a fixed length consisting of a number of slots (X slots). The front half of the frame is for the down link from a station to mobile units and the rear half is for the up link from the mobile units to the station. A half of the down link contains a number, S_c , of down-link controlling slots used for transmission of control data from the station to the mobile units. The other half of the down link contains a number, S_u , of down-link data slots for transmission of ATM cells from the station to the mobile units. A front group of the up link contains a number, T_r , of random-access, fixed-length slots used for transmission of control data from the mobile units to the station. Another group of the up link following the random-access slots is a number, T_a , of available-bit-rate (ABR) slots. A further group of the up link following the ABR slots contains a number, T_v ,

of variable-bit-rate (VBR) slots. The last group of the up link in the frame is a number, T_c , of constant-bit-rate (CBR) slots. The total X of the slots is constant as a sum of S_c , S_u , T_r , T_a , T_v , and T_c . The numbers S_c , S_u , T_r , T_a , T_v , and T_c in each frame may be varied by a controller in the station, depending on the state of traffic. Also, a super frame consisting of two or more frames is provided. In Fig. 19, one super frame comprises four TDMA frames.

[0005]

Fig. 20 is a flowchart showing a procedure of variable slot allocation according to the first conventional method. The slot allocating procedure will now be explained referring to Fig. 20. The controller at the station includes a slot allocating section for calculating S_c and S_u from the transmission data in the station, fixedly determining T_c at the reception of a call from a mobile unit, and setting T_r to a fixed value. T_v is determined from the UPC (user parameter control) at the reception of the call by a constant rate in a super frame but not a normal frame or ideally by a peak rate. The slots are not fixedly allocated in each frame at the reception of a VBR call but may appropriately be shared between different VBR calls. The allocation is fixed in each super frame. As shown in Fig. 19, the slots in each TDMA frame are shared by two mobile units A and B while their allocation is fixed in each super frame. More specifically, the two mobile units A and B are assigned with no identical slots in each TDMA frame of the super frame but with different slots. Meanwhile, the allocated slot

location is fixed in the super frame between the mobile units A and B. Throughout the super frame, the slots are identical and repeatable. Finally, T_a is calculated by subtracting a sum of S_c , S_u , T_r , T_v , and T_c from X . Using the described manner, the slot allocation of S_c , S_u , T_r , T_a , T_v , and T_c is updated in one frame or a group of frames before notified to the mobile unit hence making the variable slot allocation feasible. In response to each ABR call, T_a slots are allocated in each frame to the mobile unit which demands the allocation over the up-link control channel.

[0006]

Some conventional variable slot allocation methods account for any error in the radio link. An example is depicted in "A study on intensive control type dynamic band allocation suited for wireless ATM system", the EIC proceeding B-311, 1996. A second conventional method will now be described referring to Fig. 21.

[0007]

Fig. 21 illustrates a sequence of canceling the variable slots allocation according to the second conventional method in a radio ATM communications system using TDMA. The sequence of the radio ATM system permits transmission of ATM cells between a station and two or more mobile units with a radio access method using TDMA. Separate control links for each mobile unit or a pair of up-link control slot and a down-link control slot are provided between the station and the mobile units. A group of data transmission slots in each TDMA frame are allocated by

the station to the mobile unit which demands the allocation. More specifically, the transmission queue length from a concerned mobile unit is received by the station. When it judges from the queue length that the queue contains an amount of data greater than the slots allocated to the mobile unit, the station prepares a compensating number of slots from blank or unallocated slots for the other mobile units and notifies the concerned mobile unit of the allocation of extra slots over the control link. If no data is received from the mobile unit over N consecutive frames, the slots allocated for communications between the mobile unit and the station are canceled.

[0008]

Problems that the Invention is to solve

The conventional variable slot allocation method allows the data transmission to be carried out over the allocated slot location in the super frame and may hardly respond to a change in the traffic thus increasing the transmission delay. Also, when the data slot location which is completely fixed is dynamically modified, its modification is carried out over the control channel in N frames ($N \geq 1$). Accordingly, in case that an error occurs on the control channel, it may inhibit the slot allocation from being modified thus lowering the efficiency of network usage. Moreover, as the slot location or slot number during the dynamic allocation of slots has to be notified, it may increase the traffic on the control channel. On the contrary, when the demand for slot allocation is not received

k consecutive times regardless of the presence or absence of an error on the control channel, the control information may accidentally cause the allocated slots to be canceled with the mobile unit having a transmission data. If the re-transmission of ARQ is involved, any error in the received data may trigger the re-transmission thus increasing the queue length of the transmission buffer. However, as a time lag exists before the actual demand for extra slot allocation, it may result in the transmission delay.

[0009]

The present invention has been developed for eliminating the foregoing drawbacks and its object is to provide a variable slot allocation method which is responsive to a change in the traffic from the mobile unit in order to provide minimal delay, fast response, and a higher rate of the efficiency of network usage, hence minimizing the traffic over the control channel.

[0010]

Means for solving the Problems

A TDMA variable slot allocation method according to the present invention is provided for use in a system for transmitting data over time-division multiple access (TDMA) channels between a station and a number of mobile units, the mobile unit including a call transmitting means for producing a call accompanied with quality data indicative of the transmission rate and the quality of data to be transmitted to the station, the station including a fixed/variable slots assigning means for assigning a desired number of fixed slots

and a desired number of variable slots in one frame. The method particularly comprises: a fixed slot number calculating step of calculating from the quality data in the call received from the mobile unit a first number of slots which satisfies the minimum transmission rate; a variable slot number calculating step of calculating a second number of assignable slots which satisfies the quality data from the mobile unit; a fixed slot assigning step of assigning the slot number of fixed slots calculated by the fixed slot number calculating step; and a variable slot assigning step of assigning the slot number of variable slots calculated by the variable slot number calculating step, wherein the result of assignment is notified to the mobile unit and the data of both the fixed and variable slots from the mobile unit are processed.

[0011]

Alternatively, the TDMA variable slot allocation method may be modified which further comprises: a step of, when a demand for disconnection is received from any mobile unit, canceling and shifting its fixed slots to blank slots; and a step of, when a sum of the variable slots required for the quality data of the other mobile units is greater than the number of variable slots of the concerned mobile unit, allocating the variable slots of the disconnected mobile unit to the concerned mobile unit.

[0012]

The method may be modified in which the station has an allocation list for saving the mobile unit which demands a call

together with its desired quality, and the variable slot assigning step of assigning the variable slots in each frame determines the number of variable slots to be allocated to the mobile unit through referring the allocation list.

[0013]

The method may be modified in which the variable slot number calculating step in the station is replaced by an intermediate variable slot number calculating step of calculating a third number of slots for the intermediate quality between the first number of slots satisfying the minimum transmission rate and the second number of slots satisfying the quality data and the variable slot assigning step, when some blank variable slots are available, assigns the third number of variable slots calculated by the intermediate variable slot number calculating step.

[0014]

The method may be modified in which the mobile unit, when its transmission data exceeds a predetermined amount, transmits a demand for extra slot allocation to the station while the station, when receiving the demand for extra slot allocation from the mobile unit, performs the variable slot number calculating step for calculating again the number of variable steps to be extra allocated from the received data.

[0015]

The method may be modified in which the mobile unit transmits a data about the number of allocated variable slots together with the demand for extra slot allocation and the

station performs the variable slot number calculating step for calculating again the number of variable steps to be extra allocated from the data about the number of allocated variable slots received from the mobile unit.

[0016]

The method may be modified in which the mobile unit includes a means for transmitting the currently required amount of data, and the station, when the currently required amount of data received from the mobile unit is greater than a first threshold, performs the variable slot number assigning step to increase the number of variable slots of the mobile unit and when the currently required amount of data is smaller than a second threshold, performs the variable slot number assigning step to decrease the number of variable slots of the mobile unit.

[0017]

The method may be modified in which when decreasing the number of variable slots of the mobile unit, the station holds the number of variable slots before a signal of allocation cancellation is received from the mobile unit.

[0018]

The method may be modified in which the mobile unit cancels the transmission of the variable slots when no transmission data is available, and the station includes a means for detecting the synchronization of the slots which carries the transmission data from the mobile unit with a step of examining whether or not the synchronization is lost a predetermined number of consecutive times and can cancel the

variable slot of the mobile unit upon detecting out-of-synchronization the predetermined number of consecutive times.

[0019]

The method may further comprise a step of measuring a number of instruction times for increasing or decreasing the number of variable slots allocated to the mobile unit within a specific length of time, wherein when the instruction for increasing or decreasing occurs more than a given number of times, the first and second thresholds for monitoring the amount of data required for transmission from the mobile unit are modified.

[0020]

The method may be modified in which the station includes a means for detecting an error in the slot allocation in the transmission data received from the mobile unit and when the error occurs more than a given number of times, performs the variable slot assigning step to increase the number of variable slots allocated to the mobile unit.

[0021]

Modes for embodying the Invention

(Embodiment 1)

According to the present invention, transmission slots are classified into two types, a fixed slot for transmission of minimal quality data and a variable slot for transmission of desired quality data through analyzing a demand for data transmission from a mobile unit. While the fixed slots are never deleted during their transmission on any conditions, the

variable slots may be increased or decreased corresponding to the number of demands and the quality of data received from each mobile unit. Fig. 1 illustrates a TDMA frame according to the present invention. Fig. 2 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots to a mobile unit which generates a call. Fig. 3 is a flowchart showing a procedure of the station modifying the slot allocation at each frame. Fig. 4 is a flowchart showing a procedure of the station modifying the slot allocation upon receiving a demand for disconnection from the mobile unit. Fig. 5 is a diagram showing an example of the slot allocation at each frame. The slot allocation method at the station according to the present invention will now be explained referring to Figs. 1 to 5. As shown in Fig. 1, the TDMA frame comprises two, up-link and down-link, controlling channel slots and user data slots. The user data slots are not defined by the up link and down link but can dynamically be assigned to the up link and the down link at the station. It is commonly assumed throughout embodiments of the present invention that the fixed slots once allocated remain unchanged until a call is completed.

[0022]

A slot allocation method when a call is released from a mobile unit will be explained referring to Fig. 2. A demand for a call from the mobile unit is first transmitted to the station over the up-link channel. More specifically, the demand for a call from the mobile unit is accompanied with a quality data which is required by the mobile unit. The quality

data includes a minimum transmission rate, an average transmission rate, a maximum transmission rate, an allowable delay time, and discarding rate. When having received the demand for a call from the mobile unit (Step S0101, the term Step will be omitted hereinafter), the station examines the quality data in its message (S0102) and calculates a minimum number of slots required for transmission of the call from the mobile unit (S0103) and a maximum number of slots in each frame (S0104).

[0023]

It is then examined whether or not the minimum number (N_s) of slots calculated are available from the blank field of the frame (S0106). When so, the slots are allocated as allocation fixed slots to the mobile unit (S0108). If not, the call from the mobile unit is rejected (S0107). The maximum number (N_r) of slots used for one frame by the mobile unit is calculated from the maximum of the transmission rate of the quality data in the call message (S0104). When the maximum number of slots are available from the blank slots in the frame (yes at S0109), a number ($N_r - N_s$) of slots are allocated as allocation variable slots to the mobile unit. If the number ($N_r - N_s$) of slots are not available from the remaining slots (no at S0109), all the available slots are allocated as allocation variable slots to the mobile unit (S0110). More specifically, the slot number is determined corresponding to the calculated number of slots and transmitted together with the allocation fixed slots over the down-link control channel to the mobile

unit which released the call (S0115). Alternatively, while the slot number of the allocation fixed slots is transferred to the mobile unit, the allocation variable slots in each frame may arbitrarily be used by the mobile unit as will be explained later in more detail.

[0024]

Referring to Fig. 3, a method of permitting the mobile unit which has released a call to utilize the allocation variable slots for offsetting a difference between the desired quality and the minimum quality will be explained. The method starts with the station calculating a sum (ΣN_t) of the allocation variable slots in each frame (S0202). Then, the mobile unit to be initiated for data transmission at the maximum rate in a frame is selected from a timing table which has been produced as based on the quality data in a call message received from the mobile unit (S0203). A number (N_r) of slots corresponding to the maximum transmission rate of the selected mobile unit (S0204). When a difference between the number N_r and the number N_s of slots corresponding to the minimum transmission rate is not greater than a sum (N_x) of the allocation variable slots of all the mobile units in action, the number N_r of slots are allocated to the mobile unit (S0206). Then, the same action is repeated for the succeeding mobile unit in the list (S0208). Meanwhile, when N_r is greater than N_x , N_x is allocated as the number of allocation variable slots to the mobile unit (S0209). The allocation list is produced when receiving the call, where the mobile unit is registered

according to the quality data at the timing of allocating the allocation variable slots. This permits the mobile unit to commonly use the allocation fixed slots for data transmission and save the allocation variable slots in a frame registered in the allocation list. More particularly, the number of the variable slots allocated to the mobile unit only may be varied when the frame is shifted from one to another. It may also be contemplated to examine the desired quality of each mobile unit prior to the allocation of variable slots without using the allocation list although the efficiency is sacrificed.

[0025]

A method of releasing the slots at the station when the call from a mobile unit is disconnected will be explained referring to Fig. 4. As the demand for disconnection from the mobile unit is received over the up-link control channel by the station (S0301), a sum, $N_y (= \sum N_r(i))$ of slots for the desired quality data (equivalent to the maximum transmission rate) of the mobile units including the concerned mobile unit is calculated (S0302). N_s slots allocated as the allocation fixed slots to the mobile unit which demands the disconnection are canceled (S0303). When the sum $N_x (\sum N_t)$ of the allocation variable slots is equal to the sum N_y of the slots for the desired quality (both including the number of slots of the mobile unit) (yes at S0304), it is judged that all the mobile units including the concerned mobile unit are assigned with the slots for the desired quality and the allocation variable slots in the mobile unit all are canceled (S0305). If N_y is not equal to N_x or the

number of slots determined from the desired quality is not equal to the number of variable slots available (no at S0304), any other mobile unit than the concerned mobile unit may not be assigned with the number of slots for the desired quality. When the number of slots for the desired quality is available from the remaining slots (yes at S0307), the available slots are regarded as the allocation variable slots (S0309). If the number of slots for the desired quality is not available from the remaining slots (no at S0307), the remaining of variable slots are used as the allocation variable slots (S0308). In the latter case, all or some of the slots allocated to the concerned mobile unit are not canceled. Once the process over the slots allocated to the concerned mobile unit has been completed, the concerned mobile unit is deleted from the allocation list (S0310). This is followed by transmitting the acceptance of disconnection to the concerned mobile unit over the down-link control channel of the succeeding frame (S0311).
[0026]

When the mobile unit fails to receive the down-link control channel and acknowledge the permission of transmission, the data transmission may be carried out with the allocation fixed slots. The positional relationship between the allocation fixed slots and the allocation variable slots shown in Figs. 1 to 5 may be determined to a desired pattern. While the number of the allocation fixed slots is determined for guaranteeing the minimum quality, it may be increased when the re-transmission control such as ARQ is involved or when the

quality of radio transmission is unfavorable thus declining the quality of transmission data over the control channel. The method of Embodiment 1 can modify the allocation of slots by permitting each mobile unit to transmit on the basis of one frame and can change the number of permissions in response to the state of traffic. Accordingly, the method will handle any traffic change and minimize the transmission delay.

[0027]

(Embodiment 2)

The method of Embodiment 1 allocates the variable slots to two or more mobile units in a sequence defined in the allocation list. This embodiment is a method of allocating variable slots evenly to a number of demanding mobile units. Fig. 6 is a flowchart showing the method of allocation of variable slots according to Embodiment 2 of the present invention, which is conducted by the station for allocating the slots to mobile units which release calls. Fig. 7 is a flowchart showing a procedure of modifying the slot allocation in each frame at the station and Fig. 8 illustrates an arrangement of slot allocation in the frame. The slot allocation method of this embodiment will now be described referring to Figs. 1 and 5 to 8.

[0028]

The procedure of slot allocation starts at the station when a call is received from a mobile unit as shown in Fig. 6. As the call from the mobile unit has been received over the up-link control channel by the station (S0101), the desired

quality in its message is analyzed by the manner described in Embodiment 1 (S0102). The number N_s of slots for the minimum quality and the number N_r of slots for the maximum transmission rate are calculated (S0103 and S0104) and a difference N_t between N_r and N_s is determined (S0105). When N_s slots are not available from the blank slots, the call is rejected (S0107). Then, using the difference N_t between N_r for the maximum transmission rate and N_s for the number of allocation fixed slots and the difference N_v between the number of slots for the average transmission rate and N_s , a sum $S (= \sum N_t - N_v)$ of $N_t - N_v$ values in the concerned mobile unit and the other mobile units is calculated (S0402). The relationship between the sum S and the number N_o of blank slots is then determined. When the difference $N_t - N_v$ of the concerned mobile unit is smaller than the sum S of the differences of the other mobile units (yes at S0403), the number N_v of allocation variable slots for the average transmission rate (equivalent to $N_s + N_v$) are allocated to the concerned mobile unit (S0404). If $N_t - N_v$ is not smaller than S (no at S0403), $N_t - S$ slots are allocated as the allocation variable slots to the concerned mobile unit (S0410). Meanwhile, when the number of allocated slots exceeds the number N_o of blank slots and $N_o + S$ is greater than N_v or N_t , the number N_o (at N_v) is assigned (S0408) or the number $N_o + S$ (at $N_t - S$) is assigned (S0413). If N_v is greater than $S + N_o$, the call is rejected (S0107). As a result, the number of slots to be allocated to each mobile unit is determined. As the number of allocation fixed slots remains unchanged, the location of the slots is then

specified in each frame (S0416). For the allocation variable slots assigned with the slot number, an allocation list may be made for inhibiting each mobile unit from assigning the same allocation variable slots in different frames. For example, while the number of slots is determined by the manner shown in Fig. 6, the slot number in each frame may be given by the following manner.

[0029]

The method of allocating variable slots in each frame to the mobile unit will be described referring to Fig. 7. The sum $N_x (= \sum N_t)$ of the allocation variable slots is calculated by the station whenever the frame is shifted from one to another (S0202). The mobile unit which demands to have a call using the current frame is selected from the allocation list (S0501). When two or more mobile units are involved, the sum $\sum N_r$ of the number N_r of slots of the mobile units for the desired quality (equivalent to the maximum transmission rate) is calculated (S0502). When the difference N_t between N_r and N_s is greater than N_x (no at S0503), one of the mobile units is selected from the allocation list and the number $(N_x \times (N_r / \sum N_r))$ of slots equivalent to a ratio between $\sum N_r$ of the mobile units and N_r of the concerned mobile unit are allocated as the allocation variable slots to the concerned mobile unit (S0505). The slot number for $N_x \times (N_r / \sum N_r)$ slots is notified over the down-link control channel (S0211). The mobile units are selected in a sequence from the allocation list (S0501) and the allocation variable slots are determined by repeating the above steps.

When N_x is not smaller than $\sum N_t$ (yes at S0503), the slots for the desired quality in the frame are allocated to each mobile unit defined in the allocation list (S0206) and the slot number is notified over the down-link control channel (S0211).

Although the method of Embodiment 1 permits the number of slots closely attributed to the desired quality to be allocated to the mobile units closely attributed to the front end of the allocation list as shown in Fig. 8, this embodiment allows the mobile units in the allocation list determined for transmission over the same frame to be assigned with the slots according to a ratio of their desired quality levels. In this embodiment, the ratio to a sum of the desired quality levels of the mobile units is used for the allocation of slots. The number of allocation variable slots may be determined by the relationship between the desired quality of the concerned mobile unit to a sum of the quality levels of the mobile units to be transmitted over the same frame in the allocation list. Alternatively, a medium value N_z between N_r and N_s may be used to determine $N_t = N_z - N_s$.

[0030]

The mobile unit of which the slot allocation is determined by the station then carries out a data transmission with the allocated slots in each TDMA frame. Referring to Fig. 5, an example of the slot allocation in the frame of each mobile unit is illustrates. As shown, this embodiment has no super frame structure but allows the mobile unit to be notified of the slot number using the down-link control channel of each TDMA frame.

In that manner, the station determines the allocation of allocation variable slots in the TDMA frame and the mobile unit carries out a data transmission with the allocated slots defined by the down-link control channel. This allows the slots to be shared in each TDMA frame by the mobile units according to a sequence determined in the timing table. Also, as the sharing of slots depends on the traffic pattern or the desired quality, the minimum quality or average transmission rate, and the allowable transmission delay, the allocation of slots and the period of each TDMA frame can arbitrarily be determined at each mobile unit. While the allocation is fixed in each super frame according to the conventional method, the allocation of slots according to the method of this embodiment is not dependent on the period of the super frame. In Fig. 5, the mobile unit A has the allocation variable slots assigned at substantially intervals of three TDMA frames while the mobile unit B as the allocation variable slots assigned at substantially intervals of five TDMA frames. The sharing of slots with other mobile units can dynamically be conducted. It is necessary for the station to generate a timing table (a table for permitting the transmission) to inhibit two or more mobile units from transmitting data using the shared slots in same frame. For the purpose, a scheme may be used for grouping the mobile units assigned with no identical slots and allowing a group of the mobile units including the mobile unit with the longest of transmission buffer queue for transmission of data. This will shape the same slots between different mobile units thus

increasing the efficiency of network usage.

[0031]

(Embodiment 3)

It happens to increase the amount of remaining data with time depending on the total amount of data to be transmitted from the mobile unit and number of the mobile units sharing the frames even if the variable slots are allocated in response to the demand of a call from the mobile unit. This may be compensated by the following manner. Fig. 9 is a flowchart showing a procedure of allocating variable slots in each frame according to Embodiment 3 of the present invention. Fig. 10 illustrates A sequence of re-allocating the slots between the mobile unit and the station. A method of slot allocation according to Embodiment 3 of the present invention will now be described referring to Figs. 1, 9, and 10.

[0032]

When an amount of data is accumulated at the mobile unit due to the shortage of allocation variable slots, a demand for allocation of more slots is transmitted over the up-link control channel as shown in Fig. 10. Upon receiving the demand from the mobile unit, the station repeats the foregoing process for connection or disconnection of the call to re-calculate the number of variable slots to be allocated. For example, at the state where the demand of acceptance of the call is received from the mobile unit, the traffic on the up-link to the station is busy. When the mobile unit is assigned with the number of slots for the minimum quality or the average transmission rate,

it may demand to receive a specific number of slots closely attributed to the desired quality.

[0033]

The re-allocation of slots at the station will be explained referring to Fig. 9. The demand for modifying the slot allocation from the mobile unit is received by the station. Its message includes the quality data and the number of allocated slots or the maximum number of slots to be assigned. This information allows the station to acknowledge the current number of allocated slots and calculate a number of additional slots to be allocated. At the station, the desired quality (equivalent to the number of slots for the maximum transmission rate) is calculated from the quality data and a difference N_z from the current number of assigned slots is determined. Using N_z , the procedure described in Embodiment 2 (S0404 to S0416) is conducted to modify the number of desired slots.

[0034]

In this embodiment, the allocation of slots to the mobile unit remains unchanged when the down-link control data fails to be received correctly. Also, the modification of the slot allocation at the station is not started until a signal of confirmation is received from the mobile unit.

[0035]

According to the method of this embodiment, the number of allocated slots determined when a call is released can be modified upon receiving a demand from the mobile unit and simultaneously, the traceability to the traffic change can

successfully be improved, hence minimizing the transmission delay and increasing the efficiency of network usage.

[0036]

(Embodiment 4)

This embodiment is differentiated from Embodiments 1 to 3 by the fact that information about the traffic change per unit time is received from the mobile unit and used by the station for allocation of variable slots. Fig. 11 is a flowchart showing a procedure of allocating variable slots according to Embodiment 4 of the present invention. Fig. 12 illustrates a sequence of re-allocation of slots between the mobile unit and the station. The method of slot allocation of this embodiment will now be explained referring to Figs. 1, 11, and 12.

[0037]

The queue length of a transmission buffer is measured on the basis of a single frame or a predetermined number of frames at the mobile unit. As shown in Fig. 11, the queue length (x) after transmission of an up-link control signal is added with a quantity of traffic received in the frame. As subtracting the traffic equivalent to the number of slots allocated to the mobile unit, the queue length (x) is transferred to the station over the up-link control channel of the succeeding frame. Upon receiving the queue length, the station selects the mobile unit of which the queue length exceeds a threshold (X_i) and increases the number of variable slots allocated to the mobile unit. Then, the mobile unit of which the queue length is lower than a threshold (X_d) is selected and its number of slots to be canceled

is determined. Using the down-link control channel of the current frame (or the succeeding frame), the cancellation and allocation of slots are carried out. When confirmation signals are received from all the mobile units, the procedure for slot allocation is terminated. ACK/NACK signals received from the mobile stations may be superimposed on the user data slots. Also, the slots may not be canceled before a signal for the cancellation of slots is received from the mobile unit. More specifically, the slots are not allocated to another mobile unit before they are canceled. This theory is applicable when controlling with the number of slots.

[0038]

A procedure of increasing or decreasing the number of allocated slots at the station will be explained referring to Fig. 11. A signal of the queue length from each mobile unit is received over the up-link control channel by the station (S0701). When the queue length exceeds a threshold (X_i), the number of slots is N_{zp} for a increase ($x - X_i$) of the queue length (S0703) and is added to the number of allocation variable slots in the mobile unit (S0704). A positional arrangement of the slots in each frame is determined by conducting the foregoing procedure (S0404 to S0415) explained with Embodiment 2 and notified to the mobile unit (S0708). When the queue length does not exceeds the threshold (X_d), the number N_{zm} of slots is calculated corresponding to the reduction ($X_d - x$) of the queue length (S0706) and subtracted from the total number of allocation variable slots in the mobile unit. In case that the

mobile unit is assigned with the slot number of the allocation variable slots at the reception of a call, the slots to be canceled is selected from the larger slot number (S0707) and notified to the mobile unit over the down-link control channel (S0708). When a method of notifying the mobile unit of applicable slots in each frame is employed, the number of allocation variable slots in the mobile unit can be changed. For increasing the number, the procedure when the call is demanded is carried out. For decreasing the number, the procedure when the disconnection is demanded is conducted.

[0039]

According to the method of this embodiment, the number of slots can be increased or decreased depending on the transmission queue of the mobile unit. More specifically, the number of slots to be allocated can be changed corresponding to the queue with a time delay which depends on the transmission queue notifying period from the mobile unit. As a result, the allocation of slots in response to the state of traffic in each mobile unit will be implemented with no delay of time.

[0040]

(Embodiment 5)

Fig. 13 illustrates a sequence of dismissing the slots allocated by a variable slot allocation method according to Embodiment 5 of the present invention. Fig. 14 is a flowchart showing a procedure of dismissing the slots allocated by the variable slot allocation method. The variable slot allocating method of this embodiment will now be explained referring to

Figs. 1, 13, and 14.

[0041]

As described with the conventional method, the allocated slots are canceled when the station receives N times of no acknowledgment of the reception of data (NAK). Also, the allocated slots may be canceled when the station fails to receive data N times consecutively due to any fault in the radio link. In this embodiment, the transmission of data using the allocation variable slots from the mobile unit is canceled when no data is available (#3 in Fig. 13). This causes the station to fail to time with the slots producing out-of-synchronization. Accordingly, the index may be different from that derived from a CRC error. For example, a signal is transferred from the station to the mobile unit for demanding that the allocation variable slots in a frame which produces N times of the out-of-synchronization detected by the station are canceled at the down-link control channel of the succeeding frame. This is applicable to any method of preliminarily allocating the fixed slots to the mobile unit. Also, in notifying the transmission slots in each frame, this scheme can be used for selecting the slot location (number) corresponding to the number of the transmission slots (the number of allocation variable slots in Embodiments 1 to 4).

[0042]

The procedure of dismissing the current slots at the out-of-synchronization at the station will now be described referring to Fig. 14. The procedure starts with examining the

transmission queue length from the mobile unit (S0801). When the transmission queue length (L_q) is shorter than a threshold (X_p) (no at S0802), the following steps are carried out. The slot number which produces out-of-synchronization is stored (S0805) and the preceding frame prior to the current slots is examined. When the preceding frame has out-of-synchronization, the number (AS) of out-of-synchronization actions is counted up (S0808). Both the state of the preceding frame prior to the slots and the number of out-of-synchronization actions are reset (S0806). When the number of out-of-synchronization actions is greater than a threshold N, the number of allocation variable slots is decreased by the number of the current slots (S0809). However, in case that the transmission queue length L_q is greater than the threshold X_p and the out-of-synchronization occurs frequently, it may be judged that the radio network quality is declined. Hence, the number of allocation variable slots is not modified (S0804). According to the method of this embodiment, the transmission over the current slots from the mobile unit is canceled (i.e. no idle signal is released) when no data to be transmitted is available and the mobile unit is thus deenergized. The station acknowledges that the current slots in the frame are out of synchronization and no data is received from the mobile unit. As a result, the current slots having no transmission data throughout two or more frames can be canceled from the allocation to the mobile unit. Also, even if the control data has an error during the transmission and the allocation variable

slots are unsuccessfully canceled, the station which receives no data from the mobile unit can autonomously dismiss the current slots thus improving the efficiency of network usage.

[0043]

(Embodiment 6)

Fig. 15 illustrates a sequence of supportably modifying the slot allocation on the basis of the queue length of a transmission buffer according to Embodiment 6 of the present invention. Fig. 16 is a flowchart showing the procedure of modifying the slot allocation. The slot allocation modifying method of this embodiment will now be described referring to Fig. 1, 15, and 16.

[0044]

The transmission queue length (x) from a mobile unit is received at one or a group of frames (once for n frames) by the station as shown in Fig. 15. In the method of Embodiment 4, the number of allocation variable slots in the mobile unit can be increased or decreased depending on the transmission queue length. More specifically, when the thresholds X_i and X_d are expressed by $X_d < x < X_i$, the slot allocation will not be modified according to the method of Embodiment 4. However, if a change in the input traffic is large as compared with the queue length in the mobile unit, i.e. a difference between the peak bit rate and the average bit rate is great, or if the input traffic has a higher burst level, the slot allocation may often be modified. This will repeatedly develop the absence of transmission data or the accumulation of data in the transmission buffer, hence

declining the service quality. Also, this may cause the station to fail to select proper thresholds. As the number of allocation variable slots in the mobile unit is varied frequently, the load to the station as well as the modification of the slot allocation in other mobile units will increase. For elimination of the above drawbacks, this embodiment is adapted for measuring the number of modifications of the slot allocation during a given period T in the mobile unit and when the number is greater than N , increasing the distance between the two thresholds X_i and X_d for the transmission queue length to decrease the frequency of the modification of the slot allocation.

[0045]

A procedure of optimizing the frequency of the modification of the slot allocation will be explained referring to Fig. 16. As the transmission queue length from the mobile unit is received by the station (S0901), the timer in the station is checked (S0902). When the timer is in action, it is examined whether or not the queue length is between the two thresholds X_d and X_i ($X_d < L_q < X_i$) (S0905). If not, the number of allocation variable slots in the mobile unit is increased or decreased by the method of Embodiment 4 and the count is incremented (S0906). When the timer is not in action, the timer is turned on (S0903) to reset the count to zero (S0904). When the count is greater than N with the timer in action, i.e. the modification of the slot allocation is repeated N times within a period T , the two thresholds X_d and X_i are shifted to $X_d - \Delta m$ and $X_i + \Delta n$ respectively

for increasing the allowable range of the transmission queue length (S0908). Finally, the reception timer is reset (S0909). As a result, the frequency of the modification of the slot allocation can be reduced. The method of this embodiment permits the frequency of the modification of the slot allocation to be reduced, whereby a call having traffic changes developed at very short intervals can stay close to the peak level of traffic allowing the data transmission without delay.

Moreover, as the thresholds for modification of the slot allocation are determined on a call-by-call basis, they can dynamically be optimized. This will eliminate a particular measurement for determining the thresholds required for highly burst-involving traffic.

[0046]

(Embodiment 7)

Fig. 17 illustrates a sequence of modifying the slot allocation with ARQ re-transmission demands according to Embodiment 7 of the present invention. Fig. 18 is a flowchart of the procedure of modifying the slot allocation. The method of allocating variable slots of this embodiment will now be described referring to Fig. 18.

[0047]

The sequence of Fig. 17 shows an ARQ action executed between the station and the mobile unit where three data 2, 3, and 5 out of six data (1 to 6) transmitted from the mobile unit have errors. With the ARQ action involved, the frames of the data which have errors during the transmission are saved at

least in a transmission buffer of the transmitter (mobile unit) for re-transmission. This allows the station to decrease the threshold X_d for the queue length according to the re-transmission data generated from relevant information (such as a sequence number) thus to promptly gain the number of slots to be allocated.

[0048]

The procedure of modifying the slot allocation in the station which carries out a re-transmission controlling (for example, ARQ) action will now be described referring to Fig. 18. Each slot from the mobile unit is received by the station (S1001), processed to extract its CRC (cyclic redundancy check) (S1002), and examined whether or not it contains any error (S1003). While the slot shown in Fig. 18 is accompanied with a CRC, its data unit may come with a CRC. If the received slot contains an error, its number is recorded (S1005) and the total number (m) of error contained slots is calculated (S1006). When m is greater than a threshold (a_0), the threshold X_i for increasing the number of allocation variable slots in the mobile unit is subtracted by a (as described with Embodiments 3 and 4) (S1008). With a decreased level of X_i , the number of allocation variable slots can moderately be increased corresponding to the increase of the queue length (x) in the mobile unit on the reception of a transmission queue length from another mobile unit. The method of this embodiment allows the queue length of a transmission buffer to be increased for re-transmission. Hence, when the queue length in the mobile

unit increases, the number of slots to be allocated can readily be increased thus minimizing the delay of time resulting from the re-transmission.

[0049]

Advantages of the Invention

As set forth above, the method of the present invention has the following advantages. Since the number of fixed slots are allocated depending on the minimum transmission rate of a mobile unit, the communications with the mobile unit will be ensured. If a redundancy is given, the desired quality is transferred in each frame thus improving the efficiency of network usage.

[0050]

As the re-allocation is made upon blank variable slots being available, the transmission rate can be increased corresponding to a change in the traffic.

[0051]

As the allocation list is provided, the allocation of variable slots can readily be carried out.

[0052]

As the variable slots are available in regard to intermediate quality, they can be allocated equally to concerned mobile units depending on their desired quality.

[0053]

As the variable slots are available upon a demand of recalling, the transmission rate can be varied according to the situation.

[0054]

As the station is notified of the current number of allocated slots from the mobile unit, its estimating action can be shortened thus improving the capability of response.

[0055]

As the information about an amount of data required for the communications is provided from the mobile unit, the setting of transmission rate can precisely be carried out.

[0056]

As the variable slots are not canceled until a cancellation demand signal is received, unwanted disconnection of the network can be avoided.

[0057]

As the out-of-synchronism is discriminated from other faults, the variable slots having no transmission data and staying out of synchronization can be allocated to another mobile unit thus improving the efficiency of usage.

[0058]

As the number of instructions for increasing or decreasing the variable slots in the mobile unit is monitored, the transmission rate of the mobile unit can be adjusted to an appropriate level to minimize the traffic over a control network link thus improving the efficiency of network usage.

[0059]

As the error data on the mobile unit is measured and when re-transmission is needed, the number of variable slots is increased, the time required for transmission on the mobile unit

can be minimized.

Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a diagram showing a TDMA frame according to the present invention;

Fig. 2 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 1 of the present invention;

Fig. 3 is a flowchart showing a procedure of the station modifying the slot allocation in a frame according to Embodiment 1;

Fig. 4 is a flowchart showing a procedure of modifying the slot allocation in response to a demand of disconnection according to Embodiment 1;

Fig. 5 is a diagram showing an example of the slot allocation in a frame according to the present invention;

Fig. 6 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 2 of the present invention;

Fig. 7 is a flowchart showing a procedure of the station modifying the slot allocation in a frame according to Embodiment 2;

Fig. 8 is a diagram showing an example of the slot allocation in a frame according to Embodiment 2;

Fig. 9 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 3 of the present invention;

Fig. 10 illustrates a sequence of reallocating the slots

according to Embodiment 3;

Fig. 11 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 4 of the present invention;

Fig. 12 illustrates a sequence of allocating slots according to Embodiment 4;

Fig. 13 illustrates a sequence of allocating variable slots according to Embodiment 5 of the present invention;

Fig. 14 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 5;

Fig. 15 illustrates a sequence of allocating variable slots according to Embodiment 6 of the present invention;

Fig. 16 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 6;

Fig. 17 illustrates a sequence of allocating variable slots according to Embodiment 7 of the present invention;

Fig. 18 is a flowchart showing a procedure of the station allocating slots according to Embodiment 7;

Fig. 19 is a diagram showing a TDMA frame according to a first conventional method;

Fig. 20 is a flowchart showing a procedure of allocating variable slots according to the first conventional method; and

Fig. 21 illustrates a sequence of dismissing variable slots according to a second conventional method, in which the primary steps are:

S0103. Step of calculating the number of slots satisfying the minimum quality; S0104. Step of calculating the number of

slots satisfying the desired quality; S0105. Step of calculating the number of variable slots; S0108. Step of assigning fixed slots; S0110. Step of assigning the variable slots; S0112. Step of assigning the variable slots; S0301. Step of receiving a demand for disconnection; S0304. Step of examining the variable slots; S0307. Step of Step of examining the variable slots; S0502. Step of calculating the number of slots satisfying the desired quality; S0503. Step of examining intermediate variable slots; S0505. Step of assigning the variable slot; S0601. Step of receiving a demand for re-calling; S0603. Step of calculating an increased or decreased number of slots; S0604. Step of assigning the increase of the variable slots; S0808. Step of detecting out-of-synchronism; S1007. Step of detecting a number of errors.

FIG. 1:

TDMA FRAME,
UP-LINK CONTROL CHANNEL,
DOWN-LINK CONTROL CHANNEL,
USER DATA SLOTS

FIG. 2:

S0101. IS CALL FROM MOBILE UNIT MS(I) RECEIVED OVER UP-LINK
CONTROL CHANNEL?,
S0102. ANALYZE DESIRED QUALITY IN CALL MESSAGE FROM MOBILE UNIT
MS(I),
S0103. CALCULATE A NUMBER NS(I) OF SLOTS FOR MINIMUM QUALITY,
S0104. CALCULATE A NUMBER NR(I) OF SLOTS FOR DESIRED QUALITY,
S0106. (BLANK SLOTS),
S0107. REJECT CALL FROM MOBILE UNIT MS(I),
S0110. ALLOCATE NO SLOTS AS ALLOCATION VARIABLE SLOTS TO MOBILE
UNIT MS(I),
S0113. DETERMINE SLOT NUMBER OF NS SLOTS FOR FIXED ALLOCATION
AND OF NT(I) SLOTS FOR VARIABLE ALLOCATION,
S0114. ADD CONCERNED MOBILE UNIT TO ALLOCATION LIST,
S0115. NOTIFY MOBILE UNIT OF RESPONSE TO CALL AND ALLOCATED SLOT
NUMBER OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 3:

S0201. IS NEW FRAME?,
S0202. CALCULATE SUM ($NX = \sum NT$) OF ALLOCATION VARIABLE SLOTS IN
FRAME,

S0203. SELECT MOBILE UNIT MS(I) TO BE MODIFIED FROM ALLOCATION LIST,
S0204. CALCULATE NUMBER (NR(I)) OF SLOTS FOR DESIRED QUALITY OF MOBILE UNIT MS(I),
S0206. ALLOCATE NT(I) SLOTS TO MOBILE UNIT MS(I),
S0209. ALLOCATE NX SLOTS TO MOBILE UNIT MS(I),
S0210. CHANGE START POINTER IN ALLOCATION LIST,
S0211. NOTIFY ALLOCATION VARIABLE SLOTS OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 4:

S0301. IS DISCONNECTION DEMAND FROM MOBILE UNIT OVER UP-LINK CONTROL CHANNEL?,
S0302. CALCULATE SUM ($NY = \sum NR(I)$) OF SLOTS FOR DESIRED QUALITY OF CONCERNED MOBILE UNIT MS(I) AND ANOTHER MOBILE UNIT ON COMMUNICATION,
S0310. DELETE CONCERNED MOBILE UNIT FROM ALLOCATION LIST,
S0311. NOTIFY CONCERNED MOBILE UNIT OF ACCEPTANCE OF DISCONNECTION OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 5:

TDMA FRAME,
USER DATA SLOTS,
UP-LINK CONTROL CHANNEL,
DOWN-LINK CONTROL CHANNEL,
MOBILE UNIT A: FIXED ALLOCATION SLOTS,
MOBILE UNIT A: ALLOCATION VARIABLE SLOTS,

MOBILE UNIT B: FIXED ALLOCATION SLOTS,
TDMA FRAME,
MOBILE UNIT B: ALLOCATION VARIABLE SLOTS,
MODIFICATION STATE OF SLOT ALLOCATION FOR MOBILE UNIT A AND
MOBILE UNIT B.

FIG. 6:

S0101. IS CALL FROM MS(I) RECEIVED OVER UP-LINK CONTROL
CHANNEL?,
S0107. REFUSE CALL FROM MOBILE UNIT MS(I)
S0401. CALCULATE FIXED SLOT NUMBER FOR MS(I),
S0414. CALCULATE VARIABLE SLOT NUMBER FOR MS(I),
S0415. ADD CONCERNED MOBILE UNIT TO ALLOCATION LIST,
S0416. NOTIFY CONCERNED MOBILE UNIT OF RESPONSE TO CALL AND
ALLOCATED SLOT NUMBER OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 7:

S0201. IS NEW FRAME?,
S0202. CALCULATE SUM ($NX = \sum NT$) OF VARIABLE SLOTS IN FRAME,
S0501. SELECT MS(I) REQUESTING DATA TRANSMISSION IN FRAME FROM
ALLOCATION LIST,
S0502. CALCULATE NUMBER ($\sum NR(I)$) OF SLOTS FOR DESIRED QUALITY
OF MS(I) DURING COMMUNICATION,
S0505. ALLOCATE $NT(I) = NX \times (NR(I) / \sum NR(I))$ SLOTS TO MS(I) (WHERE
NR BEING INTEGER),
S0206. ALLOCATE NT(I) SLOTS TO MS(I),
S0211. NOTIFY OF ALLOCATION VARIABLE SLOTS OVER DOWN-LINK

CONTROL CHANNEL.

FIG. 8:

TDMA FRAME,
ALLOCATION VARIABLE SLOTS,
PATTERN 1,
MOBILE UNIT,
PATTERN 2,
MOBILE UNIT.

FIG. 9:

S0601. IS DEMAND FOR MODIFICATION OF SLOT ALLOCATION FROM MS(I)
RECEIVED OVER UP-LINK CONTROL CHANNEL?,
S0602. ANALYZE DESIRED QUALITY IN CALL FROM MS(I),
S0603. CALCULATE EXTRA NZ(I) OF SLOTS NUMBER FOR DESIRED QUALITY

FIG. 10:

MOBILE UNIT,
STATION,
TDMA FRAME,
DEMAND FOR NEW ALLOCATION,
JUDGMENT FOR SLOT ALLOCATION,
NOTIFY OF ALLOCATED SLOTS,
SELECT SLOTS TO BE ALLOCATED,
DATA TRANSMISSION/ACK,
INCREASE ALLOCATED SLOTS,
DEMAND FOR CANCELLATION OF ALLOCATION,

NOTIFY OF ALLOCATED SLOTS,
SELECT SLOTS TO BE CANCELED,
DATA TRANSMISSION/ACK,
CANCEL ALLOCATED SLOTS

FIG. 11:

S0701. IS QUEUE LENGTH (X) FROM MS(I) RECEIVED OVER UP-LINK
CONTROL CHANNEL?,
S0703. CALCULATE EXTRA NZP(I) OF SLOTS NUMBER CORRESPONDING TO
INCREASE OF QUEUE LENGTH,
S0706. CALCULATE NUMBER NZM(I) OF SLOTS CORRESPONDING TO
DECREASE OF QUEUE LENGTH,
S0707. SELECT SLOT NUMBER TO NZM(I) FROM LARGEST,
S0708. NOTIFY CONCERNED MOBILE UNIT OF SLOT NUMBER TO BE
INCREASED OR DECREASED OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 12:

MOBILE UNIT,
STATION,
TDMA FRAME,
PROVIDE QUEUE LENGTH,
NOTIFY OF ALLOCATED SLOTS,
SELECT SLOTS TO BE ALLOCATED,
DATA TRANSMISSION/ACK,
INCREASE ALLOCATED SLOTS,
PROVIDE TRANSMISSION QUEUE LENGTH,
NOTIFY OF ALLOCATED SLOTS,

SELECT SLOTS TO BE CANCELED,
DATA TRANSMISSION/ACK,
CANCEL ALLOCATED SLOTS,
TRAFFIC TO BE TRANSMITTED IN ALLOCATED SLOTS,
INPUT TRAFFIC,
NO MODIFICATION OF ALLOCATION.

FIG. 13:

MOBILE UNIT,
STATION,
TDMA FRAME,
PROVIDE QUEUE LENGTH,
ALLOCATED SLOTS,
CANCEL DATA TRANSMISSION,
OUT-OF-SYNCHRONIZATION (FIRST TIME),
ALLOCATED SLOTS,
CANCEL DATA TRANSMISSION,
OUT-OF-SYNCHRONIZATION (SECOND TIME),
ALLOCATED SLOTS,
CANCEL DATA TRANSMISSION,
OUT-OF-SYNCHRONIZATION (NTH TIME).

FIG. 14:

S0801. ARE SLOTS FROM MS(I) RECEIVED?,
S0803. IS ANY OUT-OF-SYNCHRONIZATION SLOT?,
S0804. RESET ST AND AS OF SYNCHRONIZATION STATE ST(SN) AND
OUT-OF-SYNCHRONIZATION SLOT DETECTED IN PRECEDING FRAME,

S0805. DETERMINE OUT-OF-SYNCHRONIZATION SLOT NUMBER,
S0806. RESET ST AND AS OF OUT-OF-SYNCHRONIZATION SLOT DETECTED
IN PRECEDING FRAME EXCLUDING SN SLOTS,
S0807. READ NUMBER AS(SN) OF OUT-OF-SYNCHRONIZATION ACTIONS OF
CURRENT SLOTS (SN) IN PRECEDING FRAME,
S0810. CANCEL ALLOCATED SLOTS (SN),
S0811. NOTIFY OF CANCELLATION OF ALLOCATED SLOTS OVER DOWN-
LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 15:

MOBILE UNIT,
STATION,
TDMA FRAME,
PROVIDE QUEUE LENGTH,
MODIFICATION OF SLOT ALLOCATION (FIRST TIME),
NOTIFY OF MODIFICATION OF SLOT ALLOCATION,
DATA TRANSMISSION/ACK,
PROVIDE QUEUE LENGTH,
MODIFICATION OF SLOT ALLOCATION (NTH TIME),
NOTIFY OF MODIFICATION OF SLOT ALLOCATION,
DATA TRANSMISSION/ACK

FIG. 16:

S0901. IS QUEUE LENGTH NOTICE FROM MS(I) RECEIVED?,
S0902. IS MODIFICATION TIMER AT OFF?,
S0903. RECEPTION TIMER ON,
S0909. RECEPTION TIMER RESET.

FIG. 17:

MOBILE UNIT,
STATION,
TDMA FRAME,
PROVIDE QUEUE LENGTH,
NO MODIFICATION OF SLOT ALLOCATION,
RECEPTION DATA (ACK),
DATA TRANSMISSION,
NOT RECEIVE 3 SLOTS,
RECEPTION DATA,
NACK TRANSMISSION SHIFTED TO $XD=XD-A$,
DATA TRANSMISSION.

FIG. 18:

S1001. ARE DATA SLOTS FROM $MS(I)$ RECEIVED?,
S1002. CALCULATE CRC OF EACH SLOT FROM $MS(I)$,
S1003. IS ERROR SLOT DETECTED?,
S1004. TRANSMIT ACK OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL IN
SUCCEEDING FRAME,
S1005. RECORD ERROR SLOT NUMBER $N(I)(NL:NM)$,
S1006. CALCULATE NUMBER (M) OF ERROR SLOTS,
S1009. TRANSMIT NACK TO $MS(I)$ OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL
IN SUCCEEDING FRAME.

FIG. 19:

TDMA FRAME,

CONTROL SLOT,
DOWN-LINK DATA SLOT,
CONTROL SLOT,
SLOT ALLOCATION FOR MOBILE UNIT A,
SLOT ALLOCATION FOR MOBILE UNIT B,
SUPER FRAME,
SLOT ALLOCATION FOR MOBILE UNITS A AND B.

FIG. 20:

S0001. IS CALL FROM MOBILE UNIT RECEIVED OVER UP-LINK CONTROL CHANNEL?,
S0002. IS ABR CALL RECEIVED?,
S0003. ARE DESIRED NUMBER OF SLOTS APPLICABLE FOR TRANSMISSION IN CURRENT FRAME?,
S0004. ALLOCATE DESIRED SLOTS IN CURRENT FRAME,
S0005. ARE DESIRED NUMBER OF SLOTS FOR MAXIMUM TRANSMISSION RATE APPLICABLE IN SUPER FRAME?,
S0006. CBR CALL OR VBR CALL?,
S0007. ALLOCATE SLOTS FOR DESIRED BAND AT CONSTANT INTERVALS AND SLOT NUMBER TO SUPER FRAME,
S0008. ALLOCATE SLOTS FOR MAXIMUM TRANSMISSION RATE AT VARIABLE INTERVALS AND SLOT NUMBER TO SUPER FRAME,
S0009. REJECT CALL FROM MOBILE UNIT,
S0010. NOTIFY MOBILE UNIT OF RESPONSE TO CALL AND ALLOCATED SLOT NUMBER OVER DOWN-LINK CONTROL CHANNEL.

FIG. 21:

MOBILE UNIT,
STATION,
TDMA FRAME,
DATA,
ACKNOWLEDGE RECEPTION (SUCCESS),
ACK RECEIVED,
RECEPTION DATA (ACK),
ACK TRANSMISSION,
ACK NOT RECEIVED (FIRST TIME),
NO DATA TRANSMISSION,
NOT RECEIVED (FIRST TIME),
RECEPTION DATA (NACK),
NACK TRANSMISSION,
ACK NOT RECEIVED (NTH TIME) CANCELLATION OF SLOTS,
NO DATA TRANSMISSION,
NOT RECEIVED (NTH TIME) BURST CANCELLATION,
RECEPTION DATA (NACK),
NACK TRANSMISSION.